(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118189873 A
(43)申请公布日 2024.06.14

(21)申请号 202410323256.X

(22)申请日 2024.03.21

(71)申请人 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 李斌 王飞 蔡明 佘剑 叶春瑶 刘峰 申少泽 赵毅 温红舸 黄丹萍

(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 尹玉

(51)Int.Cl.
*G01B 21/02*(2006.01)
*B29C 59/00*(2006.01)

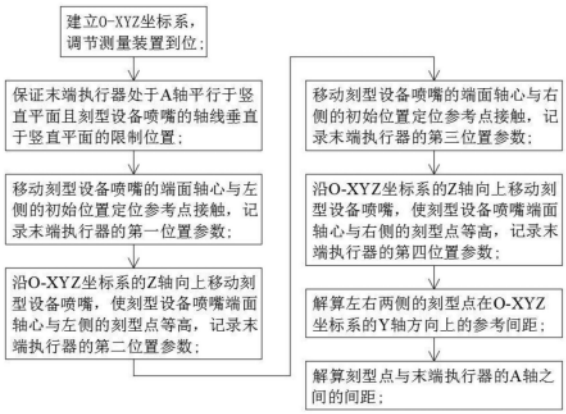
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

一种设备刻型点到A轴轴线距离的测量装置及测量方法

(57)摘要

本发明公开了一种设备刻型点到A轴轴线距离的测量装置及测量方法,本发明可快速准确的得到刻型设备在蒙皮上产生的刻型点到末端执行器A轴轴线的距离,为刻型设备精度的正确标定提供了所必需的关键数据,有利于提高刻型设备各个运动轴联合运动的精度,进而提升蒙皮化铣的刻型精度,避免蒙皮零件出现刻型超差或报废,从而节约了蒙皮零件加工的成本;且该方法简单,容易操作及实现,不需要专门且昂贵的测量仪器,人力和物力成本低。




CN 118189873 A

1.一种设备刻型点到A轴轴线距离的测量装置,用于对包含A轴的末端执行器进行测量,所述A轴上设置有刻型设备喷嘴(14),其特征在于,包括测量工装(5),所述测量工装(5)的左右两侧从上至下依次对称设置有斜面(6)、凹槽结构、竖直平面(15),所述竖直平面(15)与测量工装(5)的底部端面垂直;所述斜面(6)的底端与凹槽结构的顶端之间形成初始位置定位参考点(13);左右两侧的斜面(6)上粘贴有贴纸胶带。

2.根据权利要求1所述的一种设备刻型点到A轴轴线距离的测量装置,其特征在于,左右两侧的初始位置定位参考点(13)之间的间距与左右两侧的竖直平面(15)之间的间距相等。

3.根据权利要求2所述的一种设备刻型点到A轴轴线距离的测量装置,其特征在于,所述凹槽结构为方形凹槽。

4.一种设备刻型点到A轴轴线距离的测量方法,基于权利要求1-3任一项所述的测量装置实现,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、基于末端执行器的O-XYZ坐标系,调整测量工装(5)的位置,使得测量工装(5)的底部端面与O-XYZ坐标系的XY平面平行,且使得竖直平面(15)与O-XYZ坐标系的XZ平面平行;

步骤2、保证末端执行器处于A轴平行于竖直平面(15)且刻型设备喷嘴(14)的轴线垂直于竖直平面(15)的限制位置;

步骤3、保持步骤2中的限制位置,移动刻型设备喷嘴(14),使得刻型设备喷嘴(14)的端面轴心与左侧的初始位置定位参考点(13)接触,记录此时末端执行器的第一位置参数;沿O-XYZ坐标系的Z轴向上移动刻型设备喷嘴(14)以烧蚀左侧的斜面(6)上的贴纸胶带形成左侧的刻型点(12),使得刻型设备喷嘴(14)端面轴心与左侧的刻型点(12)等高,记录末端执行器此时的第二位置参数;

步骤4、保持步骤2中的限制位置,移动刻型设备喷嘴(14),使得刻型设备喷嘴(14)的端面轴心与右侧的初始位置定位参考点(13)接触,记录此时末端执行器的第三位置参数;沿O-XYZ坐标系的Z轴向上移动刻型设备喷嘴(14)以烧蚀右侧的斜面(6)上的贴纸胶带形成右侧的刻型点(12),使得刻型设备喷嘴(14)端面轴心与右侧的刻型点(12)等高,记录末端执行器此时的第四位置参数;

步骤5、基于第一位置参数、第二位置参数、第三位置参数、第四位置参数解算左右两侧的刻型点(12)在O-XYZ坐标系的Y轴方向上的参考间距;

步骤6、基于第一位置参数、第二位置参数、第三位置参数、第四位置参数、参考间距解算刻型点(12)与末端执行器的A轴之间的间距。

5.根据权利要求4所述的一种设备刻型点到A轴轴线距离的测量方法,其特征在于,所述步骤5中解算参考间距的公式为:

$$K = H - \frac{(z_2 - z_1)}{\tan\alpha} - \frac{(z_4 - z_3)}{\tan\alpha};$$

其中:K表示左右两侧的刻型点在O-XYZ坐标系的Y轴方向上的参考间距;H表示左右两侧的初始位置定位参考点在O-XYZ坐标系的Y轴方向上的间距;α表示斜面与测量工装的底部端面之间的夹角;$z_1$表示第一位置参数中的Z轴坐标;$z_2$表示第二位置参数中的Z轴坐标;$z_3$表示第三位置参数中的Z轴坐标;$z_4$表示第四位置参数中的Z轴坐标。

6.根据权利要求5所述的一种设备刻型点到A轴轴线距离的测量方法,其特征在于,所述步骤6中解算刻型点(12)与末端执行器的A轴之间的间距的公式为:

$$L=\frac{(|y_f-y_t|-K)}{2};$$

其中:L表示刻型点与末端执行器的A轴之间的间距;K表示左右两侧的刻型点在O-XYZ坐标系的Y轴方向上的参考间距;$y_f$表示第一位置参数中的Y轴坐标;$y_t$表示第三位置参数中的Y轴坐标。

7.根据权利要求6所述的一种设备刻型点到A轴轴线距离的测量方法,其特征在于,所述步骤3具体包括:

步骤3.1、保持步骤2中的限制位置,将移动刻型设备喷嘴(14)置于测量工装(5)的左侧,沿O-XYZ坐标系的Z轴移动刻型设备喷嘴(14),使得移动刻型设备喷嘴(14)的端面轴心与左侧的初始位置定位参考点(13)等高后,沿着O-XYZ坐标系的Y轴移动移动刻型设备喷嘴(14),使得移动刻型设备喷嘴(14)的端面轴心与左侧的初始位置定位参考点(13)接触;

步骤3.2、记录此时末端执行器的第一位置参数,所述第一位置参数包括坐标(x=x1,y=yf,z=z1);

步骤3.3、沿O-XYZ坐标系的Z轴向上移动刻型设备喷嘴(14),保持移动刻型设备喷嘴(14)功率最低的状态以烧蚀左侧的斜面(6)上的贴纸胶带以形成刻痕,以刻痕宽度最小的点位作为左侧的刻型点(12);

步骤3.4、移动刻型设备喷嘴(14),使得刻型设备喷嘴(14)的端面轴心与左侧的刻型点(12)等高,且刻型设备喷嘴(14)的端面轴心在O-XYZ坐标系的Y轴方向上与左侧的初始位置定位参考点(13)对齐;

步骤3.5、记录此时末端执行器的第二位置参数,所述第二位置参数包括坐标(x=x1,y=yf,z=z2)。

8.根据权利要求6所述的一种设备刻型点到A轴轴线距离的测量方法,其特征在于,所述步骤4具体包括:

步骤4.1、保持步骤2中的限制位置,将移动刻型设备喷嘴(14)置于测量工装(5)的右侧,沿O-XYZ坐标系的Z轴移动刻型设备喷嘴(14),使得移动刻型设备喷嘴(14)的端面轴心与右侧的初始位置定位参考点(13)等高后,沿着O-XYZ坐标系的Y轴移动移动刻型设备喷嘴(14),使得移动刻型设备喷嘴(14)的端面轴心与右侧的初始位置定位参考点(13)接触;

步骤4.2、记录此时末端执行器的第三位置参数,所述第三位置参数包括坐标(x=x1,y=yt,z=z3);

步骤4.3、沿O-XYZ坐标系的Z轴向上移动刻型设备喷嘴(14),保持移动刻型设备喷嘴(14)功率最低的状态以烧蚀右侧的斜面(6)上的贴纸胶带以形成刻痕,以刻痕宽度最小的点位作为右侧的刻型点(12);

步骤4.4、移动刻型设备喷嘴(14),使得刻型设备喷嘴(14)的端面轴心与右侧的刻型点(12)等高,且刻型设备喷嘴(14)的端面轴心在O-XYZ坐标系的Y轴方向上与右侧的初始位置定位参考点(13)对齐;

步骤4.5、记录此时末端执行器的第四位置参数,所述第四位置参数包括坐标(x=x1,y=yt,z=z4)。

# 一种设备刻型点到A轴轴线距离的测量装置及测量方法

## 技术领域

[0001] 本发明属于数字化刻型加工的技术领域,涉及一种设备刻型点到A轴轴线距离的测量装置及测量方法。

## 背景技术

[0002] 在飞机蒙皮化铣的数字化刻型过程中,通常采用刻型设备实现相关工艺过程,该类设备主要由三坐标设备主体和加工末端执行器构成,末端执行器包含了AC头,AC头包括旋转A轴与旋转C轴。加工时由刻型设备发射能量光束对蒙皮表面附着材料进行刻蚀形成刻型点,再通过设备轴的联合运动形成刻线。由于要对刻型设备进行精度的标定,因此需要先提供刻型点到A轴轴线距离的数据。与传统接触式加工不同的是,刻型设备为非接触式加工,不存在实际的刻型点,无法如同接触式加工过程中直接测量刻型点的位置,因此刻型设备加工蒙皮的过程中,刻型点到A轴轴线的距离是无法直接测量得到的,导致刻型设备精度的标定工作难以实现。

[0003] 因此,针对现有的刻型设备在非接触加工蒙皮的过程中存在的刻型点到A轴轴线的距离无法直接测量,进而导致刻型设备精度的标定工作难以实现的问题,本发明公开了一种设备刻型点到A轴轴线距离的测量装置及测量方法。

## 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种设备刻型点到A轴轴线距离的测量装置及测量方法,能够创建刻型点,并测量刻型点到A轴轴线的距离,进而对刻型设备精度进行准确标定。

[0005] 本发明通过下述技术方案实现:

[0006] 一种设备刻型点到A轴轴线距离的测量装置,用于对包含A轴的末端执行器进行测量,所述A轴上设置有刻型设备喷嘴,包括测量工装,所述测量工装的左右两侧从上至下依次对称设置有斜面、凹槽结构、竖直平面,所述竖直平面与测量工装的底部端面垂直;所述斜面的底端与凹槽结构的顶端之间形成初始位置定位参考点;左右两侧的斜面上粘贴有贴纸胶带。

[0007] 为了更好地实现本发明,进一步的,左右两侧的初始位置定位参考点之间的间距与左右两侧的竖直平面之间的间距相等。

[0008] 为了更好地实现本发明,进一步的,所述凹槽结构为方形凹槽。

[0009] 一种设备刻型点到A轴轴线距离的测量方法,基于上述测量装置实现,包括以下步骤:

[0010] 步骤1、基于末端执行器的O-XYZ坐标系,调整测量工装的位置,使得测量工装的底部端面与O-XYZ坐标系的XY平面平行,且使得竖直平面与O-XYZ坐标系的XZ平面平行;

[0011] 步骤2、保证末端执行器处于A轴平行于竖直平面且刻型设备喷嘴的轴线垂直于竖直平面的限制位置;

[0012] 步骤3、保持步骤2中的限制位置,移动刻型设备喷嘴,使得刻型设备喷嘴的端面轴

心与左侧的初始位置定位参考点接触,记录此时末端执行器的第一位置参数;沿O-XYZ坐标系的Z轴向上移动刻型设备喷嘴以烧蚀左侧的斜面上的贴纸胶带形成左侧的刻型点,使得刻型设备喷嘴端面轴心与左侧的刻型点等高,记录末端执行器此时的第二位置参数;

[0013] 步骤4、保持步骤2中的限制位置,移动刻型设备喷嘴,使得刻型设备喷嘴的端面轴心与右侧的初始位置定位参考点接触,记录此时末端执行器的第三位置参数;沿O-XYZ坐标系的Z轴向上移动刻型设备喷嘴以烧蚀右侧的斜面上的贴纸胶带形成右侧的刻型点,使得刻型设备喷嘴端面轴心与右侧的刻型点等高,记录末端执行器此时的第四位置参数;

[0014] 步骤5、基于第一位置参数、第二位置参数、第三位置参数、第四位置参数解算左右两侧的刻型点在O-XYZ坐标系的Y轴方向上的参考间距;

[0015] 步骤6、基于第一位置参数、第二位置参数、第三位置参数、第四位置参数、参考间距解算刻型点与末端执行器的A轴之间的间距。

[0016] 为了更好地实现本发明,进一步的,所述步骤5中解算参考间距的公式为:

[0017] $$K = H - \frac{(z_2 - z_1)}{\tan\alpha} - \frac{(z_4 - z_3)}{\tan\alpha};$$

[0018] 其中:K表示左右两侧的刻型点在O-XYZ坐标系的Y轴方向上的参考间距;H表示左右两侧的初始位置定位参考点在O-XYZ坐标系的Y轴方向上的间距;α表示斜面与测量工装的底部端面之间的夹角;$z_1$表示第一位置参数中的Z轴坐标;$z_2$表示第二位置参数中的Z轴坐标;$z_3$表示第三位置参数中的Z轴坐标;$z_4$表示第四位置参数中的Z轴坐标。

[0019] 为了更好地实现本发明,进一步的,所述步骤6中解算刻型点(12)与末端执行器的A轴之间的间距的公式为:

[0020] $$L = \frac{(|y_f - y_t| - K)}{2};$$

[0021] 其中:L表示刻型点与末端执行器的A轴之间的间距;K表示左右两侧的刻型点在O-XYZ坐标系的Y轴方向上的参考间距;$y_f$表示第一位置参数中的Y轴坐标;$y_t$表示第三位置参数中的Y轴坐标。

[0022] 为了更好地实现本发明,进一步的,所述步骤3具体包括:

[0023] 步骤3.1、保持步骤2中的限制位置,将移动刻型设备喷嘴置于测量工装的左侧,沿O-XYZ坐标系的Z轴移动刻型设备喷嘴,使得移动刻型设备喷嘴的端面轴心与左侧的初始位置定位参考点等高后,沿着O-XYZ坐标系的Y轴移动移动刻型设备喷嘴,使得移动刻型设备喷嘴的端面轴心与左侧的初始位置定位参考点接触;

[0024] 步骤3.2、记录此时末端执行器的第一位置参数,所述第一位置参数包括坐标(x=x1,y=yf,z=z1);

[0025] 步骤3.3、沿O-XYZ坐标系的Z轴向上移动刻型设备喷嘴,保持移动刻型设备喷嘴功率最低的状态以烧蚀左侧的斜面上的贴纸胶带以形成刻痕,以刻痕宽度最小的点位作为左侧的刻型点;

[0026] 步骤3.4、移动刻型设备喷嘴,使得刻型设备喷嘴的端面轴心与左侧的刻型点等高,且刻型设备喷嘴的端面轴心在O-XYZ坐标系的Y轴方向上与左侧的初始位置定位参考点对齐;

[0027] 步骤3.5、记录此时末端执行器的第二位置参数,所述第二位置参数包括坐标(x=

x1,y＝yf,z＝z2)。

[0028] 为了更好地实现本发明,进一步的,所述步骤4具体包括:

[0029] 步骤4.1、保持步骤2中的限制位置,将移动刻型设备喷嘴置于测量工装的右侧,沿O-XYZ坐标系的Z轴移动刻型设备喷嘴,使得移动刻型设备喷嘴的端面轴心与右侧的初始位置定位参考点等高后,沿着O-XYZ坐标系的Y轴移动移动刻型设备喷嘴,使得移动刻型设备喷嘴的端面轴心与右侧的初始位置定位参考点接触;

[0030] 步骤4.2、记录此时末端执行器的第三位置参数,所述第三位置参数包括坐标(x＝x1,y＝yt,z＝z3);

[0031] 步骤4.3、沿O-XYZ坐标系的Z轴向上移动刻型设备喷嘴,保持移动刻型设备喷嘴功率最低的状态以烧蚀右侧的斜面上的贴纸胶带以形成刻痕,以刻痕宽度最小的点位作为右侧的刻型点;

[0032] 步骤4.4、移动刻型设备喷嘴,使得刻型设备喷嘴的端面轴心与右侧的刻型点等高,且刻型设备喷嘴的端面轴心在O-XYZ坐标系的Y轴方向上与右侧的初始位置定位参考点对齐;

[0033] 步骤4.5、记录此时末端执行器的第四位置参数,所述第四位置参数包括坐标(x＝x1,y＝yt,z＝z4)。

[0034] 本发明与现有技术相比,具有以下优点及有益效果:

[0035] 本发明可快速准确的得到刻型设备在蒙皮上产生的刻型点到末端执行器A轴轴线的距离,为刻型设备精度的正确标定提供了所必需的关键数据,有利于提高刻型设备各个运动轴联合运动的精度,进而提升蒙皮化铣的刻型精度,避免蒙皮零件出现刻型超差或报废,从而节约了蒙皮零件加工的成本;且该方法简单,容易操作及实现,不需要专门且昂贵的测量仪器,人力和物力成本低。

## 附图说明

[0036] 图1为设备刻型点到A轴轴线距离的测量方法的流程示意图;

[0037] 图2为测量工装的结构示意图;

[0038] 图3为移动刻型设备喷嘴与测量工装的相对位置示意图;

[0039] 图4为第一位置参数取值时的测量工装状态示意图;

[0040] 图5为第二位置参数取值时的测量工装状态示意图;

[0041] 图6为第三位置参数取值时的测量工装状态示意图;

[0042] 图7为第四位置参数取值时的测量工装状态示意图;

[0043] 图8为尺寸关系示意图;

[0044] 图9为刻型点的示意图。

[0045] 其中:5-测量工装;6-斜面;12-刻型点;13-初始位置定位参考点;14-刻型设备喷嘴;15-竖直平面。

## 具体实施方式

[0046] 以下详细说明都是例示性的,旨在对本发明提供进一步的说明。除非另有指明,本发明使用的所有技术和科学术语具有与本发明所属技术领域的普通技术人员通常理解的

相同含义。

[0047] 需注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本发明的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非本发明另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0048] 为方便叙述,本发明中如果出现“上”、“下”、“左”“右”字样,仅表示与附图本身的上、下、左、右方向一致,并不对结构起限定作用,仅仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的设备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发明的限制。

[0049] 术语解释部分:本发明中的术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或为一体;可以是机械连接,也可以是电连接,可以是直接连接,也可以是通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部连接,或者两个元件的相互作用关系,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的具体含义。

[0050] 实施例1:

[0051] 本实施例的一种设备刻型点到A轴轴线距离的测量装置,如图2和图3所示,用于对包含A轴的末端执行器进行测量,所述A轴上设置有刻型设备喷嘴14,包括测量工装5,所述测量工装5的左右两侧从上至下依次对称设置有斜面6、凹槽结构、竖直平面15,所述竖直平面15与测量工装5的底部端面垂直;所述斜面6的底端与凹槽结构的顶端之间形成初始位置定位参考点13;左右两侧的斜面6上粘贴有贴纸胶带。

[0052] 末端执行器包括C轴、A轴、刻型设备喷嘴14,以C轴的轴线作为Z轴,以A轴的轴线作为X轴,以垂直于竖直平面15的轴向作为Y轴建立O-XYZ坐标系。测量工装5由金属材料制备得到,测量工装5为左右对称的结构,测量工装5的左右两侧从上至下依次设置有斜面6、凹槽结构、竖直平面15,凹槽结构设置在斜面6的底端与竖直平面15的顶端之间。测量工装5的底部端面水平,且竖直平面15与测量工装5的底部端面垂直。测量工装5左右两侧的斜面6同于粘贴贴纸胶带,且斜面6与测量工装5的顶部端面之间的夹角为α。

[0053] 左右两侧的斜面6的底端设置有初始位置定位参考点13,左右两侧的初始位置定位参考点13用于对末端执行器中的刻型设备喷嘴14的端面轴心进行初始定位。由于在后续测量过程中,需要测量左右两侧的初始位置定位参考点13之间的间距,但是直接测量左右两侧的初始位置定位参考点13之间的间距不便。因此将左右两侧的初始位置定位参考点13之间的间距与左右两侧的竖直平面15之间的间距相等,通过测量左右两侧的竖直平面15之间的间距,即等于左右两侧的初始位置定位参考点13之间的间距。

[0054] 进一步的,所述凹槽结构为方形凹槽。

[0055] 本实施例的其他部分与实施例1相同,故不再赘述。

[0056] 实施例2:

[0057] 一种设备刻型点到A轴轴线距离的测量方法,如图1所示,包括以下步骤:

[0058] 步骤1、基于末端执行器的O-XYZ坐标系,调整测量工装5的位置,使得测量工装5的底部端面与O-XYZ坐标系的XY平面平行,且使得竖直平面15与O-XYZ坐标系的XZ平面平行;

[0059] 步骤2、保证末端执行器处于A轴平行于竖直平面15且刻型设备喷嘴14的轴线垂直

于竖直平面15的限制位置；

[0060] 步骤3、保持步骤2中的限制位置，如图4所示移动刻型设备喷嘴14，使得刻型设备喷嘴14的端面轴心与左侧的初始位置定位参考点13接触，记录此时末端执行器的第一位置参数；

[0061] 如图5所示，沿O-XYZ坐标系的Z轴向上移动刻型设备喷嘴14以烧蚀左侧的斜面6上的贴纸胶带形成左侧的刻型点12，使得刻型设备喷嘴14端面轴心与左侧的刻型点12等高，记录末端执行器此时的第二位置参数；

[0062] 步骤4、保持步骤2中的限制位置，如图6所示，移动刻型设备喷嘴14，使得刻型设备喷嘴14的端面轴心与右侧的初始位置定位参考点13接触，记录此时末端执行器的第三位置参数；

[0063] 如图7所示，沿O-XYZ坐标系的Z轴向上移动刻型设备喷嘴14以烧蚀右侧的斜面6上的贴纸胶带形成右侧的刻型点12，使得刻型设备喷嘴14端面轴心与右侧的刻型点12等高，记录末端执行器此时的第四位置参数；

[0064] 步骤5、基于第一位置参数、第二位置参数、第三位置参数、第四位置参数解算左右两侧的刻型点12在O-XYZ坐标系的Y轴方向上的参考间距；

[0065] 步骤6、基于第一位置参数、第二位置参数、第三位置参数、第四位置参数、参考间距解算刻型点12与末端执行器的A轴之间的间距。

[0066] 所述步骤3具体包括：

[0067] 步骤3.1、保持步骤2中的限制位置，将移动刻型设备喷嘴14置于测量工装5的左侧，沿O-XYZ坐标系的Z轴移动刻型设备喷嘴14，使得移动刻型设备喷嘴14的端面轴心与左侧的初始位置定位参考点13等高后，沿着O-XYZ坐标系的Y轴移动移动刻型设备喷嘴14，使得移动刻型设备喷嘴14的端面轴心与左侧的初始位置定位参考点13接触；

[0068] 步骤3.2、记录此时末端执行器的第一位置参数，所述第一位置参数包括坐标($x=x_1, y=y_f, z=z_1$)；

[0069] 步骤3.3、沿O-XYZ坐标系的Z轴向上移动刻型设备喷嘴14，保持移动刻型设备喷嘴14功率最低的状态以烧蚀左侧的斜面6上的贴纸胶带以形成刻痕，如图9所示，以刻痕宽度最小的点位作为左侧的刻型点12；

[0070] 步骤3.4、移动刻型设备喷嘴14，使得刻型设备喷嘴14的端面轴心与左侧的刻型点12等高，且刻型设备喷嘴14的端面轴心在O-XYZ坐标系的Y轴方向上与左侧的初始位置定位参考点13对齐；

[0071] 步骤3.5、记录此时末端执行器的第二位置参数，所述第二位置参数包括坐标($x=x_1, y=y_f, z=z_2$)。

[0072] 所述步骤4具体包括：

[0073] 步骤4.1、保持步骤2中的限制位置，将移动刻型设备喷嘴14置于测量工装5的右侧，沿O-XYZ坐标系的Z轴移动刻型设备喷嘴14，使得移动刻型设备喷嘴14的端面轴心与右侧的初始位置定位参考点13等高后，沿着O-XYZ坐标系的Y轴移动移动刻型设备喷嘴14，使得移动刻型设备喷嘴14的端面轴心与右侧的初始位置定位参考点13接触；

[0074] 步骤4.2、记录此时末端执行器的第三位置参数，所述第三位置参数包括坐标($x=x_1, y=y_t, z=z_3$)；

[0075] 步骤4.3、沿O-XYZ坐标系的Z轴向上移动刻型设备喷嘴14,保持移动刻型设备喷嘴14功率最低的状态以烧蚀右侧的斜面6上的贴纸胶带以形成刻痕,以刻痕宽度最小的点位作为右侧的刻型点12;

[0076] 步骤4.4、移动刻型设备喷嘴14,使得刻型设备喷嘴14的端面轴心与右侧的刻型点12等高,且刻型设备喷嘴14的端面轴心在O-XYZ坐标系的Y轴方向上与右侧的初始位置定位参考点13对齐;

[0077] 步骤4.5、记录此时末端执行器的第四位置参数,所述第四位置参数包括坐标(x=$x_1$,y=$y_t$,z=$z_4$)。

[0078] 所述步骤5中解算参考间距的公式为:

[0079] $$K = H - \frac{(z_2 - z_1)}{\tan\alpha} - \frac{(z_4 - z_3)}{\tan\alpha};$$

[0080] 其中:如图8所示,K表示左右两侧的刻型点在O-XYZ坐标系的Y轴方向上的参考间距;H表示左右两侧的初始位置定位参考点在O-XYZ坐标系的Y轴方向上的间距;α表示斜面与测量工装的底部端面之间的夹角;$z_1$表示第一位置参数中的Z轴坐标;$z_2$表示第二位置参数中的Z轴坐标;$z_3$表示第三位置参数中的Z轴坐标;$z_4$表示第四位置参数中的Z轴坐标。

[0081] 所述步骤6中解算刻型点12与末端执行器的A轴之间的间距的公式为:

[0082] $$L = \frac{(|y_f - y_t| - K)}{2} = \frac{1}{2}(|y_f - y_t| - H + \frac{(z_2 - z_1)}{tan\alpha} + \frac{(z_4 - z_3)}{tan\alpha};$$

[0083] 其中:L表示刻型点与末端执行器的A轴之间的间距;K表示左右两侧的刻型点在O-XYZ坐标系的Y轴方向上的参考间距;$y_f$表示第一位置参数中的Y轴坐标;$y_t$表示第三位置参数中的Y轴坐标。

[0084] 本实施例的其他部分与实施例1相同,故不再赘述。

[0085] 以上,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明做任何形式上的限制,凡依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化,均落入本发明的保护范围之内。

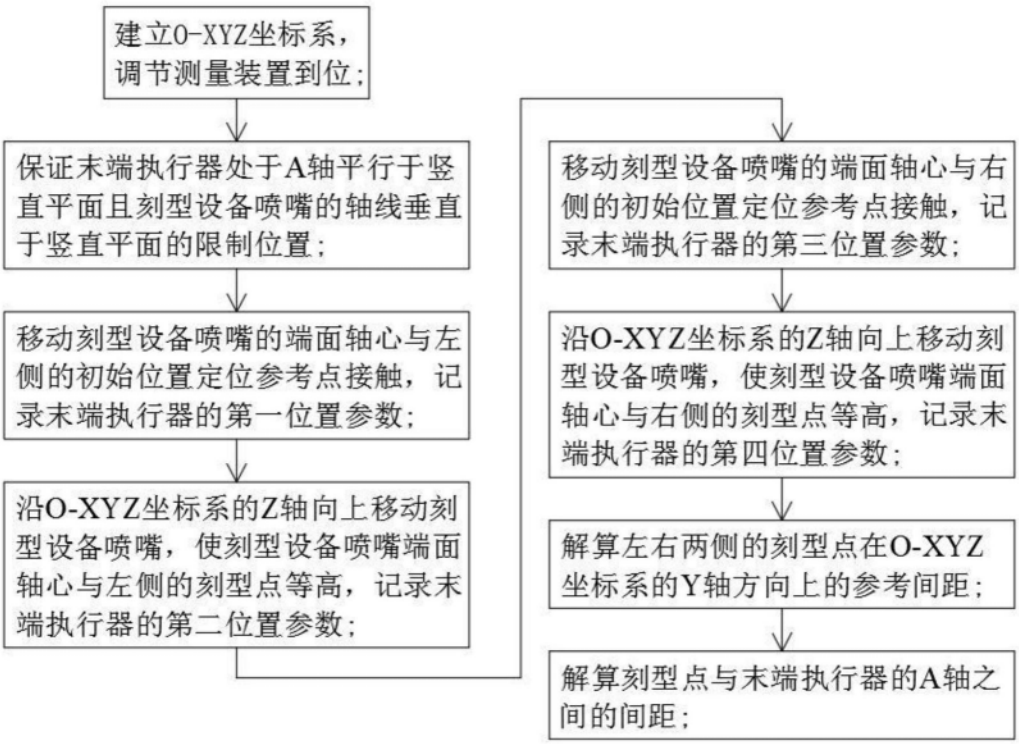

建立O-XYZ坐标系，调节测量装置到位；
保证末端执行器处于A轴平行于竖直平面且刻型设备喷嘴的轴线垂直于竖直平面的限制位置；
移动刻型设备喷嘴的端面轴心与左侧的初始位置定位参考点接触，记录末端执行器的第一位置参数；
沿O-XYZ坐标系的Z轴向上移动刻型设备喷嘴，使刻型设备喷嘴端面轴心与左侧的刻型点等高，记录末端执行器的第二位置参数；
移动刻型设备喷嘴的端面轴心与右侧的初始位置定位参考点接触，记录末端执行器的第三位置参数；
沿O-XYZ坐标系的Z轴向上移动刻型设备喷嘴，使刻型设备喷嘴端面轴心与右侧的刻型点等高，记录末端执行器的第四位置参数；
解算左右两侧的刻型点在O-XYZ坐标系的Y轴方向上的参考间距；
解算刻型点与末端执行器的A轴之间的间距；

图1

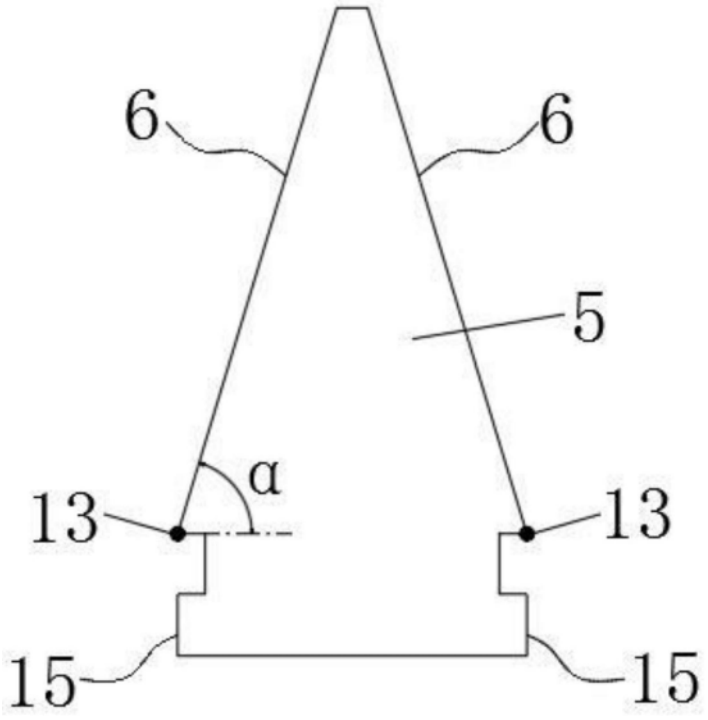

6
6
5
α
13
13
15
15

图2

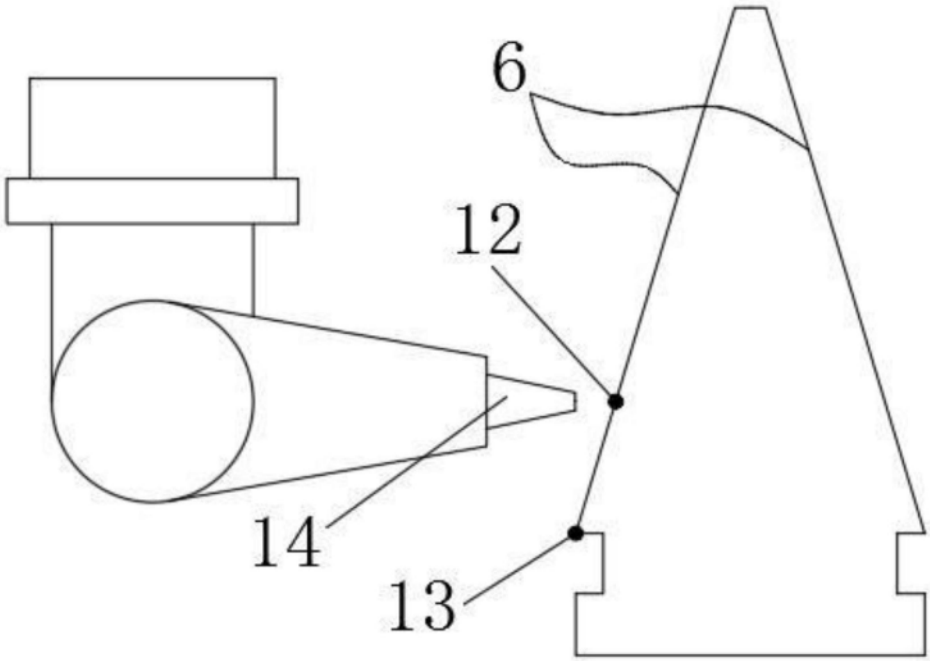



图3

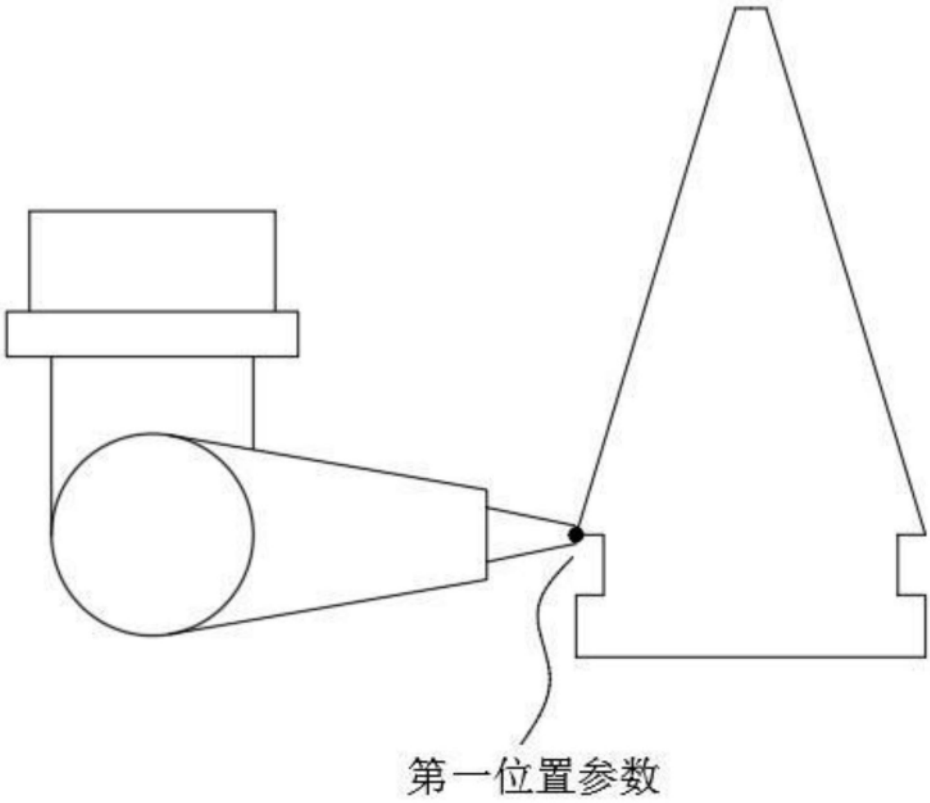



图4

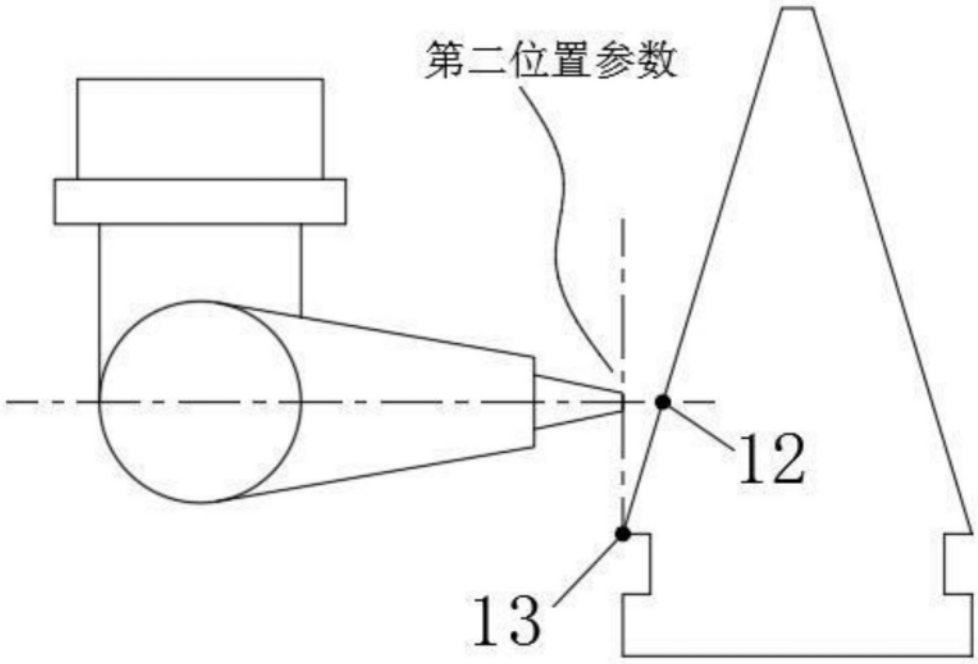



图5

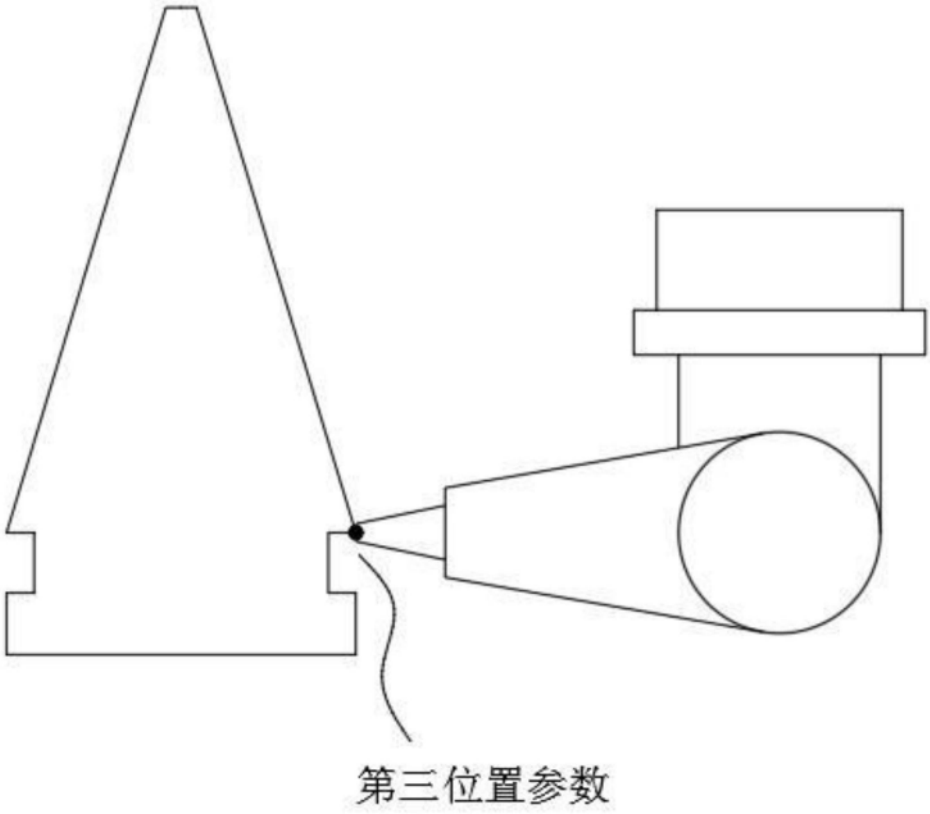



图6

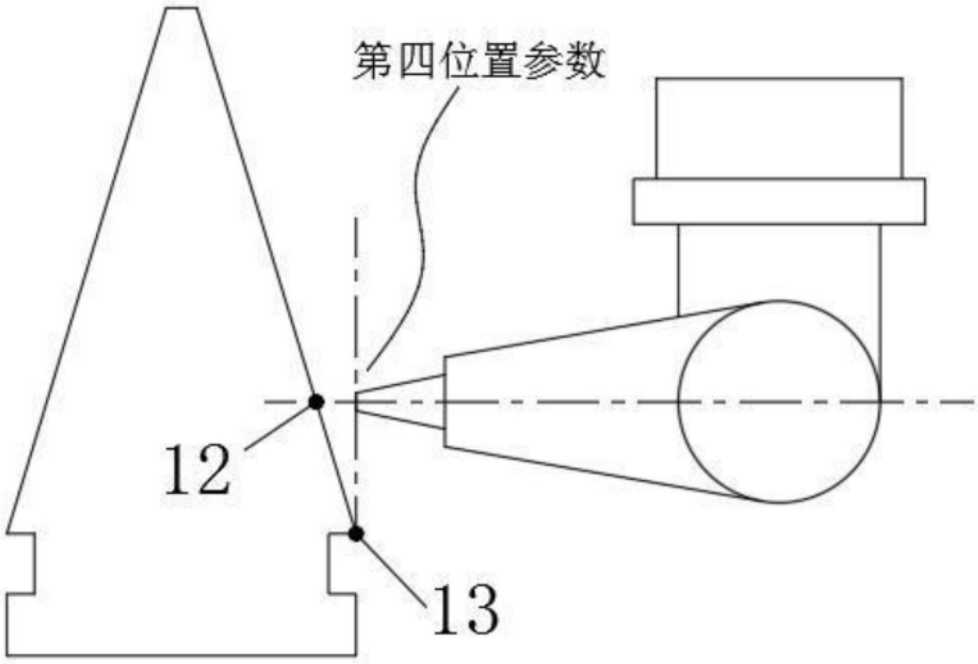



图7

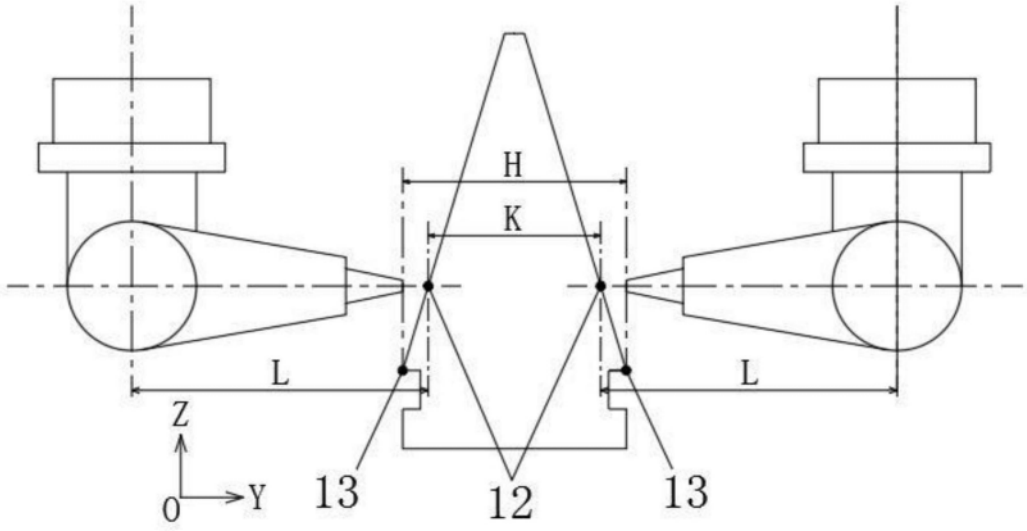



图8

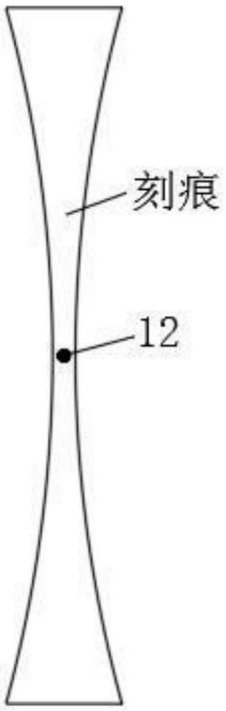



图9