(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107990856 A
(43)申请公布日 2018.05.04

(21)申请号 201711045455.5

(22)申请日 2017.10.31

(71)申请人 北京新立机械有限责任公司
地址 100039 北京市海淀区永定路50号

(72)发明人 李楠 王志华

(74)专利代理机构 北京市京大律师事务所 11321
代理人 李光松

(51)Int.Cl.
G01B 21/00(2006.01)

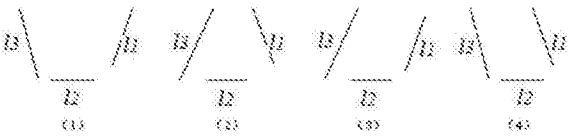
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种超量程工件的空间位置误差检测方法

(57)摘要

本发明公开一种超量程工件的空间位置误差检测方法，工件上包括两个基准和一个被检测对象，第一基准在俯视图平面的投影为l_3，第二基准俯视图平面的投影为l_2，被检测对象在俯视图平面的投影为l_1；该方法包括如下步骤：一、确定测量过程中的桥接基准；二、建立计算模型和对应计算公式；三、利用桥接基准分别测量计算出l_1、l_2与桥接基准的空间位置关系及误差，对照计算模型后得出对应计算公式，并最终计算得出l_1对l_3的空间位置关系及误差。本发明解决了工程测量中被测工件超过仪器量程的测量难题，扩展了主流生产型三坐标测量机的测量范围，提升了仪器的测量能力；使企业不必为此购买更高精度、更大量程且价格昂贵的坐标测量机，大幅节省了企业的检测成本。



CN 107990856 A

1.一种超量程工件的空间位置误差检测方法，其特征在于，工件上包括两个基准和一个被检测对象，两个基准分别为第一基准(A)和第二基准(B)，工件水平放置时；

第一基准(A)在俯视图平面的投影为l_3，第二基准(B)俯视图平面的投影为l_2，被检测对象在俯视图平面的投影为l_1；

其中，l_3与l_1平行，l_2与l_1垂直，第一基准(A)与被检测对象的距离超出量程，第二基准(B)与被检测距离在量程内，第一基准(A)与第二基准(B)的距离在量程内；

该方法包括如下步骤：

一、确定测量过程中的桥接基准；

二、建立计算模型和对应计算公式；

三、利用桥接基准分别测量计算出l_1、l_2与桥接基准的空间位置关系及误差，对照计算模型后得出对应计算公式，并最终计算得出l_1对l_3的空间位置关系及误差。

2.如权利要求1所述的超量程工件的空间位置误差检测方法，其特征在于，

所述【步骤一】包括如下分步骤：

I、判断第一基准(A)、第二基准(B)和被检测对象两两之间距离是否在在量程内，在量程内的测量数据能够准确的测量其间的空间位置误差被采用，否则不采用；得到第一基准(A)与第二基准(B)的距离在量程内，第二基准(B)与被检测对象距离在量程内；

II、取各测量数据中共同元素作为桥接元素；两组测量数据中有共同元素第二基准(B)，因此取第二基准(B)为桥接基准。

3.如权利要求1所述的超量程工件的空间位置误差检测方法，其特征在于，所述【步骤二】包括如下分步骤：

I、根据l_1与l_3在投影平面内偏摆方向，得出l_1、l_2与l_3三条直线在同一投影平面内的位置关系可能的四种情形；具体如下：

(1)、(2)情况是l_1与l_3在投影平面内偏摆方向相反，即l_1与l_3的平行度有增大的趋势，此时l_1、l_2与l_3三条直线的内角夹角组成三角形；

(3)、(4)种情况是l_1与l_3在投影平面内偏摆方向相同，即l_1与l_3的平行度有减小的趋势；

II、对所述四种情形分别提供对应计算l_1对l_3的空间位置关系及误差的公式；

i、【步骤二、I】中的(1)、(2)情况时，l_1与l_3之间的数学关系为：

$$f = a + \frac{b|l_1|}{|l_2|} \tag{1}$$

式中：f为l_1对l_3的平行度，a为l_1与l_2垂直度实测值，b为l_2与l_3的垂直度，$|l_1|$为l_1的长度，$|l_2|$为l_2的长度；

ii、【步骤二、I】中的(3)、(4)情况时，l_1与l_3之间的关系为：

$$f = \left| a - \frac{b|l_1|}{|l_2|} \right| \tag{2}$$

式中：f为l_1对l_3的平行度，a为l_1与l_2垂直度实测值，b为l_2与l_3的垂直度实测值，$|l_1|$为l_1的长度，$|l_2|$为l_2的长度。

4.如权利要求3所述的超量程工件的空间位置误差检测方法，其特征在于，所述【步骤

三】包括如下分步骤：

I、利用桥接基准分别测量计算出l_1、l_2与桥接基准的空间位置关系及误差，对照计算模型，得出属于其中的哪种情况；具体包括如下小步骤：

i、先将检具水平放置在三坐标测量机平台上，基本找正并固定平稳采集第一基准(A)元素要素，等高采集第二基准(B)直线要素，并计算和评价得出l_2与l_3的垂直度b；此时，以第一基准(A)法向矢量找正建立坐标系Y轴正向，竖直向上方向为Z轴正向，X轴正向垂直于YZ平面向外，再分别于第二基准(B)直线要素上采集点数组[x_1，x_2]，观测点数组[x_1，x_2]的X坐标值，结合l_1、l_2和l_3投影示意图即可判断并标记出l_2与l_3直线的位置关系；

ii、同理，将检具沿Y轴方向旋转90°放置在三坐标测量机平台上，使l_3与Z轴方向平行以便于测量，采集孔C轴线要素和第二基准B直线要素，评价出l_1与l_2的垂直度a，此时以C轴线找正建立坐标系Z轴正向，向右方向为Y轴正向，X轴正向垂直于YZ平面向外，再分别于第二基准B直线要素上采集点数组[z_1，z_2]，观测点数组[z_1，z_2]的Z坐标值，结合l_1、l_2和l_3投影示意图即可判断并标记出l_1与l_2直线的位置关系；

iii、依据上述数据可判断l_1、l_2与l_3的位置关系，按照l_1、l_2和l_3投影示意图画出简图，对照【步骤二】中l_1、l_2与l_3三条直线在同一投影平面内的位置关系得出属于其中的哪种情况；

II、依据得出的情况，选择对应的公式计算得出l_1对l_3的平行度f；

l_1、l_2与l_3的位置关系为【步骤二】中所述的第(1)、(2)中情况时，采用式(1)计算l_1对l_3的平行度f；l_1、l_2与l_3的位置关系为【步骤二】中所述的第(3)、(4)中情况是，采用式(2)计算l_1对l_3的平行度f。

一种超量程工件的空间位置误差检测方法

技术领域

[0001] 本发明是属于几何量精密测量技术领域。

背景技术

[0002] 在几何量精密测量技术领域，尤其是工程测量方面，普遍存在一个较难解决的测量技术问题，即尺寸长度超过仪器量程的位置误差参数检测。

[0003] 如图1(a)、(b)所示分别为一种精密工装检具的俯视图和正视图，被测检具为细长型结构，图2所示为该检具三维结构模型，其长度超过1800mm，图1中第二基准B为凸台细长型基准面，图中标示的位置公差为被检测对象——孔C轴线——相对于第一基准A、第二基准B的平行度和垂直度，其中孔C轴线与第一基准A水平距离达1500mm。该位置公差设计指标为0.02mm，属于较大尺寸的高精度几何量三维测量。

[0004] 当前，对于此类工件空间位置误差的测量，一般采用测量范围大的高精度三坐标测量机实现，可用探头分别测量采集被测轴线要素和平面基准要素数据，再通过测量机专用软件计算和评价得出位置误差结果。三坐标测量机为通用型测量仪器，具有操作方便测量高效的特点，对于多数常规工件很容易满足测量要求，但是仪器精度和量程本身是一对矛盾体，即随着仪器量程的增大，仪器精度会降低。现在市场上主流生产型三坐标测量机探测误差加上行程误差在接近两米量程时允许误差限将达到甚至超过0.008mm。根据测量基本准则，所选用的测量仪器固有的最大允许误差与产品检验公差极限的对应值之比为1/3～1/10，即被测工件公差最小为0.024mm。可见，主流生产型三坐标测量机在精度上难于满足上述检具直接测量要求；同时由于被测孔C轴线要素受测量仪器的上方横梁遮挡，同时采集第一基准A、第二基准B和孔C轴线要素较难实现。另外，计量型三坐标测量机虽然精度高，但量程通常较小。

[0005] 解决此类工件空间位置误差测量的一般方案为：将工件放置在具有更高精度和更大量程的坐标测量机上，以接触探头采集基准要素和被测要素数据。在测量过程中，为了避免被测要素实体的上下遮挡，采用加长测杆来实现，在采集完两种要素数据后，通过测量机专用软件计算和评价其位置误差，给出其测量结果。

[0006] 显而易见，在被测要素与基准要素之间存在较长距离，当其距离超过测量仪器量程时，通常测量仪器已无法进行测量。

[0007] 因此，现阶段无法采用经济适用的直接测量法实现该检具位置误差的准确测量。

发明内容

[0008] 本发明要解决的技术问题是：现有主流生产型和计量型三坐标测量机在精度上难于满足尺寸长度超过仪器量程的工件的位置误差参数检测。

[0009] 为达到上述发明目的，本发明所采用的技术方案为：提供一种超量程工件的空间位置误差检测方法，其特征在于，工件上包括两个基准和一个被检测对象，两个基准分别为第一基准(A)和第二基准(B)，工件水平放置时；

[0010] 第一基准(A)在俯视图平面的投影为l_3,第二基准(B)俯视图平面的投影为l_2,被检测对象在俯视图平面的投影为l_1;

[0011] 其中,l_3与l_1平行,l_2与l_1垂直,第一基准(A)与被检测对象的距离超出量程,第二基准(B)与被检测距离在量程内,第一基准(A)与第二基准(B)的距离在量程内;

[0012] 该方法包括如下步骤:

[0013] 一、确定测量过程中的桥接基准;

[0014] 二、建立计算模型和对应计算公式;

[0015] 三、利用桥接基准分别测量计算出l_1、l_2与桥接基准的空间位置关系及误差,对照计算模型后得出对应计算公式,并最终计算得出l_1对l_3的空间位置关系及误差。

[0016] 进一步的,所述【步骤一】包括如下分步骤:

[0017] I、判断第一基准(A)、第二基准(B)和被检测对象两两之间距离是否在在量程内,在量程内的测量数据能够准确的测量其间的空间位置误差被采用,否则不采用;得到第一基准(A)与第二基准(B)的距离在量程内,第二基准(B)与被检测对象距离在量程内;

[0018] II、取各测量数据中共同元素作为桥接元素;两组测量数据中有共同元素第二基准(B),因此取第二基准(B)为桥接基准;

[0019] 3、如权利要求1所述的超量程工件的空间位置误差检测方法,其特征在于,所述【步骤二】包括如下分步骤:

[0020] I、根据l_1与l_3在投影平面内偏摆方向,得出l_1、l_2与l_3三条直线在同一投影平面内的位置关系可能的四种情形;具体如下:

[0021] (1)、(2)情况是l_1与l_3在投影平面内偏摆方向相反,即l_1与l_3的平行度有增大的趋势,此时l_1、l_2与l_3三条直线的内角夹角组成三角形;

[0022] (3)、(4)种情况是l_1与l_3在投影平面内偏摆方向相同,即l_1与l_3的平行度有减小的趋势;

[0023] II、对所述四种情形分别提供对应计算l_1对l_3的空间位置关系及误差的公式;

[0024] i、【步骤二、I】中的(1)、(2)情况时,l_1与l_3之间的数学关系为:

[0025]
$$f = a + \frac{b|l_1|}{|l_2|} \tag{1}$$

[0026] 式中:f为l_1对l_3的平行度,a为l_1与l_2垂直度实测值,b为l_2与l_3的垂直度,$|l_1|$为l_1的长度,$|l_2|$为l_2的长度;

[0027] ii、【步骤二、I】中的(3)、(4)情况时,l_1与l_3之间的关系为:

[0028]
$$f = \left| a - \frac{b|l_1|}{|l_3|} \right| \tag{2}$$

[0029] 式中:f为l_1对l_3的平行度,a为l_1与l_2垂直度实测值,b为l_2与l_3的垂直度实测值,$|l_1|$为l_1的长度,$|l_2|$为l_2的长度。

[0030] 进一步的,所述【步骤三】包括如下分步骤:

[0031] I、利用桥接基准分别测量计算出l_1、l_2与桥接基准的空间位置关系及误差，对照计算模型，得出属于其中的哪种情况；具体包括如下小步骤：

[0032] i、先将检具水平放置在三坐标测量机平台上，基本找正并固定平稳采集第一基准(A)元素要素，等高采集第二基准(B)直线要素，并计算和评价得出l_2与l_3的垂直度b；此时，以第一基准(A)法向矢量找正建立坐标系Y轴正向，竖直向上方向为Z轴正向，X轴正向垂直于YZ平面向外，再分别于第二基准(B)直线要素上采集点数组[x_1，x_2]，观测点数组[x_1，x_2]的X坐标值，结合l_1、l_2和l_3投影示意图即可判断并标记出l_2与l_3直线的位置关系；

[0033] ii、同理，将检具沿Y轴方向旋转90°放置在三坐标测量机平台上，使l_3与Z轴方向平行以便于测量，采集孔C轴线要素和第二基准B直线要素，评价出l_1与l_2的垂直度a，此时以C轴线找正建立坐标系Z轴正向，向右方向为Y轴正向，X轴正向垂直于YZ平面向外，再分别于第二基准B直线要素上采集点数组[z_1，z_2]，观测点数组[z_1，z_2]的Z坐标值，结合l_1、l_2和l_3投影示意图即可判断并标记出l_1与l_2直线的位置关系；

[0034] iii、依据上述数据可判断l_2、l_2与l_3的位置关系，按照l_1、l_2和l_3投影示意图画出简图，对照【步骤二】中l_1、l_2与l_3三条直线在同一投影平面内的位置关系得出属于其中的哪种情况；

[0035] II、依据得出的情况，选择对应的公式计算得出l_1对l_3的平行度f；

[0036] l_1、l_2与l_3的位置关系为【步骤二】中所述的第(1)、(2)中情况时，采用式(1)计算l_1对l_3的平行度f；l_1、l_2与l_3的位置关系为【步骤二】中所述的第(3)、(4)中情况是，采用式(2)计算l_1对l_3的平行度f。

[0037] 本发明的有益效果是：

[0038] 1、解决了工程测量中被测工件超过仪器量程的测量难题，在保证测量精度的情况下，提出桥接基准概念是一种较大尺寸空间位置误差精密测量的新应用；

[0039] 2、在现有常规仪器条件下，通过数学模型分析计算，扩展了主流生产型三坐标测量机的测量范围，提升了仪器的测量能力；

[0040] 3、为企业解决此类工件测量问题上提供了一种新的技术途径，使企业不必为此购买更高精度、更大量程且价格昂贵的坐标测量机，大幅节省了企业的检测成本。

附图说明

[0041] 图1(a)为检具的俯视图；

[0042] 图1(b)为检具的主视图；

[0043] 图2为检具的立体图；

[0044] 图3为被测要素与基准要素的投影示意图，为检具俯视图方向；

[0045] 图4(1)、(2)、(3)(4)为l_1、l_2与l_3的四种不同的平面位置关系示意图；

[0046] 图5(1)、(2)为l_1、l_2与l_3的分别对应图4(1)、(2)的夹角关系示意图；

[0047] 图6(1)、(2)为l_1、l_2与l_3的分别对应图4(3)、(4)夹角关系示意图；

[0048] 图7为检具在三坐标测量机工作平台上水平放置示意图；

[0049] 图8为检具旋转90°放置示意图；

[0050] 其中：第一基准为A、第二基准为B、孔为C、工作平台为D；

[0051] 被测孔C轴线在俯视图平面的投影为l_1、第二基准B在俯视图平面的投影为12、第

一基准A在俯视图平面的投影为l_3；

[0052] l_1与l_2的夹角为Φ1、l_2与l_3的夹角为Φ2，l_1与l_3的夹角为Φ3。

具体实施方式

[0053] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步的说明。所述实施例的示例在附图中示出，参考附图描述的实施例仅是示例性的，仅用于解释本发明，而不是对本发明的限制。

[0054] 本发明中描述的术语“前”、“后”、“左”、“右”、“X”、“Y”、“Z”等指示的方向和位置关系为基于附图所示的方向和位置关系，仅为了便于描述和简化描述，并非指示或暗示所指的装置或原件必须具有的特定的方位，也不能理解为是对本发明的限制。

[0055] 本发明研究对象是被测量要素尺寸长度超过一般通用型测量仪器的一种工件，采用生产型三坐标测量机，允许误差限：±(1.9+3L/1000)μm，仪器的测量误差与距离有关，测量距离L越大，误差越大。前述工件在本实施例中具体为如图1、2所示的检具，检具上包括两个基准和一个被检测对象，两个基准分别为第一基准A和第二基准B，被检测对象具体为孔C轴线。检具水平放置时，第一基准A在俯视图平面的投影为l_3，第二基准B俯视图平面的投影为l_2，被检测对象在俯视图平面的投影为l_1；其中，l_3与l_1平行，l_2与l_1垂直，第一基准(A)与被检测对象的距离超出量程，第二基准(B)与被检测距离在量程内，第一基准(A)与第二基准(B)的距离在在量程内。

[0056] 实现此检具空间位置误差测量方法的关键程序如下：

[0057] 一、确定测量过程中的桥接基准。

[0058] I、判断第一基准A、第二基准B和被检测对象两两之间距离是否在量程内，在量程内的测量数据能够准确的测量其间的空间位置误差被采用，否则不采用；得到第一基准A与第二基准B的距离在量程内，第二基准B与被检测对象距离在量程内；

[0059] II、取各测量数据中共同元素作为桥接元素；两组测量数据中有共同元素第二基准B，因此取第二基准B为桥接基准；

[0060] 为了方便的描述和比较，第一基准A、第二基准B和孔C轴线建的空间关系，我们将三者在俯视图平面上进行投影。如图3所示，其中l_1为被测孔C轴线在俯视图平面的投影，l_3为第一基准A在俯视图平面的投影，l_2为第二基准B在俯视图平面的投影。

[0061] 二、建立计算模型和对应计算公式；

[0062] 为测量评价l_1对l_3的平行度，可以利用第三方第二基准B形成的投影线l_2为桥接基准，先测量出l_1与l_2的垂直度，再测量l_2与l_3的垂直度，通过数学推导计算得出l_1对l_3的平行度。

[0063] 为了能将【步骤三】中得到的空间位置对应到图4中的情况中，需要进一步建立计算(判断)的模型。

[0064] 图4中三条直线的位置按几何关系可以归纳为以下情况：

[0065] (1)、(2)情况是l_1与l_3在投影平面内偏摆方向相反，即l_1与l_3的平行度有增大的趋势，参考图4中的(1)、(2)两种情形。

[0066] (3)、(4)种情况是l_1与l_3在投影平面内偏摆方向相同，即l_1与l_3的平行度有减小的趋势，参考图4中的(3)、(4)两种情形。

[0067] 将图4中所示的几何简化示意图各线段延长，并定义各角。分别得到如图5、6所示夹角关系。具体如下：

[0068] 如图5、6所示。设Φ1(锐角)为l_1与l_2的夹角，同理Φ2为l_2与l_3的夹角，Φ3为l_1与l_3的夹角。l_1与l_2垂直度实测值为a，$|l_1|$为l_1的长度，设f为l_1与l_3的平行度，假设b为l_2与l_3的垂直度实测值，则l_1、l_2与l_3三条直线在同一投影平面内的位置关系可能有以下四种情形，如图4所示为其几何简化示意图。也就是说下面将说明图4中四中情况分别于图5、图6的对应关系。

[0069] 图4中(1)、(2)情况是l_1与l_3在投影平面内偏摆方向相反，即l_1与l_3的平行度有增大的趋势，参考图4中的(1)、(2)两种情形。此时l_1、l_2与l_3三条直线的内角夹角(锐角)组成三角形。将图4(1)、(2)所示的几何简化示意图各线段延长，并定义各角，得到图5(1)、(2)。

[0070] 此时l_1与l_3之间的数学关系为：

[0071] $$f = a + \frac{b|l_1|}{|l_2|} \qquad (1)$$

[0072] 式中：f为l_1对l_3的平行度，a为l_1与l_2垂直度实测值，b为l_2与l_3的垂直度实测值，$|l_1|$为l_1的长度，$|l_2|$为l_2的长度；

[0073] 图4中(3)、(4)种情况是l_1与l_3在投影平面内偏摆方向相同，即l_1与l_3的平行度有减小的趋势，参考图4中的(3)、(4)两种情形。同理，将图4(1)、(2)所示的几何简化示意图各线段延长，并定义各角，得到图6(1)、(2)。

[0074] 此时l_1与l_3之间的数学关系为：

[0075] $$f = \left| a - \frac{b|l_1|}{|l_2|} \right| \qquad (2)$$

[0076] 式中：f为l_1对l_3的平行度，a为l_1与l_2垂直度实测值，b为l_2与l_3的垂直度实测值，$|l_1|$为l_1的长度，$|l_2|$为l_2的长度。

[0077] 三、利用桥接基准分别测量计算出l_1、l_2与桥接基准的空间位置关系及误差，对照计算模型后得出对应计算公式，并最终计算得出l_1对l_3的空间位置关系及误差。包括如下分步骤：

[0078] i、先将检具水平按图7放置在三坐标测量机的工作平台D上，基本找正并固定平稳。采集第一基准A平面要素，等高采集第二基准B直线要素，由海克斯康测量技术有限公司专用软件PCDIMS计算和评价得出l_2与l_3的垂直度b。此时，以第一基准A法向矢量找正建立坐标系Y轴正向，竖直向上方向为Z轴正向，X轴正向垂直于YZ平面向外，再分别于第二基准B直线要素上采集点数组$[x_1, x_2]$，观测点数组$[x_1, x_2]$的X坐标值，结合图3即可判断并标记出l_2与l_3直线的位置关系。

[0079] 例如：如果数组中x_2的X坐标值大于x_1的X坐标值，则在图7中点x_2的位置相对于x_1的位置更加向X轴正向偏离Y轴，即对应于图3中l_2与l_3形成的夹角为钝角，对照图5、6得出符合图4中(1)或者(4)的关系。同时根据点数组$[x_1, x_2]$的坐标值可计算出l_2直线在图3俯视投影方向的长度$|l_2|$。图7局部放大图方块黑点标出点为采集点$[x_1, x_2]$。点数组$[x_1, x_2]$的坐标值为直线在坐标系Y轴上的距离差。

[0080] ii、同理，将检具沿Y轴(检具的长轴)方向旋转90°放置在三坐标测量机平台上，如

图8所示，使l_3与Z轴方向平行以便于测量。采集孔C轴线要素和第二基准B直线要素，此时采集第二基准B尽可能保证与第“3”中采集第二基准B的点数组$[x_1,x_2]$位置一致，评价出l_1与l_2的垂直度a；此时以孔C轴线找正建立坐标系Z轴正向，向右方向为Y轴正向，X轴正向垂直于YZ平面向外，再分别于第二基准B直线要素上采集点数组$[z_1,z_2]$，尽可能保证与第“3”中采集第二基准B的点数组$[x_1,x_2]$位置一致，观测点数组$[z_1,z_2]$的Z坐标值，结合图3即可判断并标记出l_1与l_2直线的位置关系；例如：如果数组中z_2的Z坐标值小于z_1的Z坐标值，则图8中点z_2在Z方向上的位置低于z_1，即图3中l_2与l_1形成的夹角为锐角，对照图5、6则得出符合图4中(2)或者(4)的关系；同理根据孔C轴线数据计算出l_1轴线要素在图3俯视投影方向的长度$|l_1|$。孔C轴线数据为C轴线在坐标系Z轴方向上的高度差。

[0081] 注：点数组$[x_1,x_2]$和点数组$[z_1,z_2]$原理上是第二基准B直线要素上相同的两个位置，只是检具放置方式不同，为了强调使用X坐标值或者Z坐标值而定义了这两个数组。建议在第一次采集第二基准B直线要素时就标记好，便于后续采集点数组时尽可能保证是相同两个位置的点数据。

[0082] 依据上述数据可判断l_1、l_2与l_3的位置关系。按照图3俯视图方向画出简图，对照图4中三条直线的投影位置关系。例如按照前述步骤假设，两个结果都出现图4中第(4)种位置，则结论为对照计算模型后满足图4中第(4)种位置关系情况的条件，即可选择式(2)计算得出l_1对l_3的平行度f。

[0083] 本发明通过被测要素、基准要素和中间桥接基准要素三者两两之间的定量几何关系，采用桥接基准实现对超过仪器量程工件的空间位置误差精密测量具有相当的新颖性和独特性：

[0084] 1、只需普通测量准确度和通用量程的坐标测量机就能实现，大幅节约了测量成本；

[0085] 2、采用数学模型定量分析的测量方法，扩展了测量仪器的测量范围，技术新颖；

[0086] 3、测量过程始终在测量仪器的可控精度范围之内，即使被测产品超过其量程，此方法得出测量结果的理论误差值也较小。可见该技术方法在超过仪器量程的位置误差检测方面具有相当的独特性。

[0087] 本发明的说明书和附图被认为是说明性的而非限制性的，在本发明基础上，本领域技术人员根据所公开的技术内容，不需要创造性的劳动就可以对其中一些技术特征作出一些替换和变形，均在本发明的保护范围内。

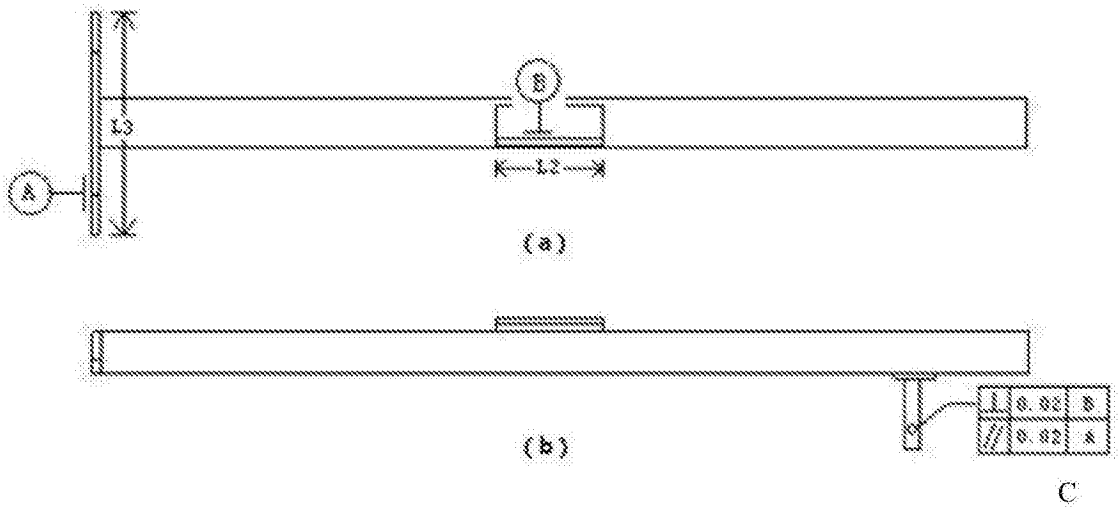


图1

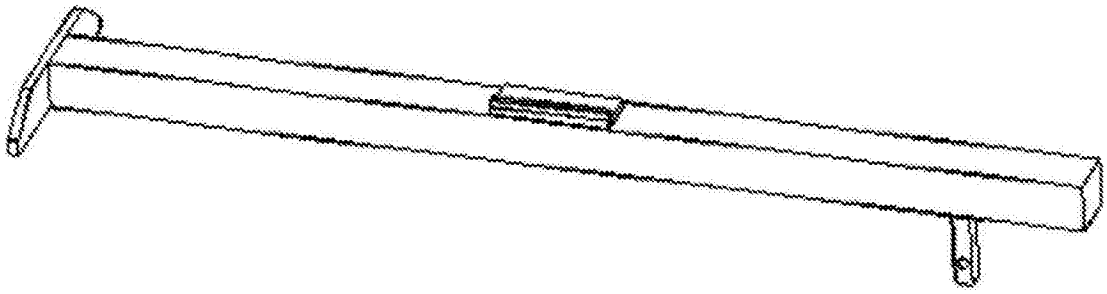


图2

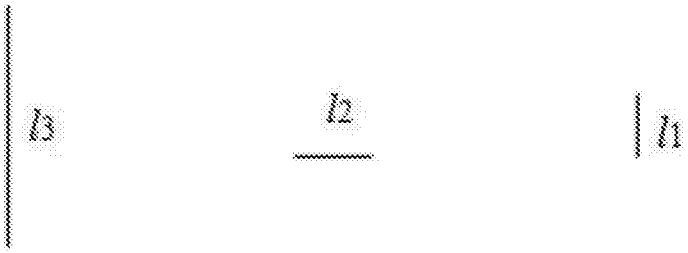


图3

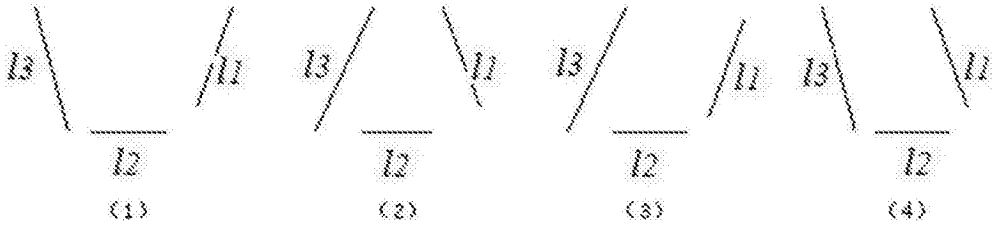
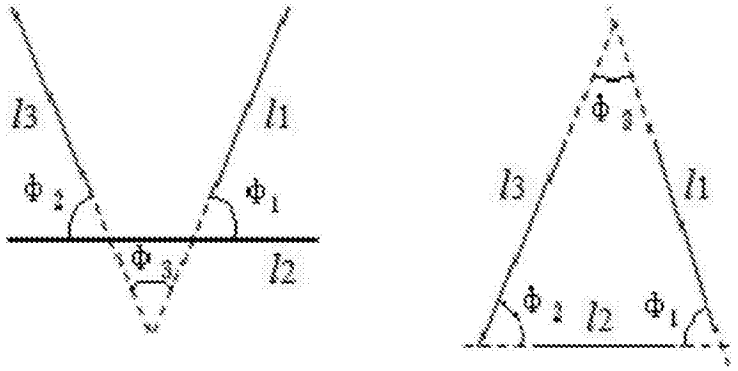
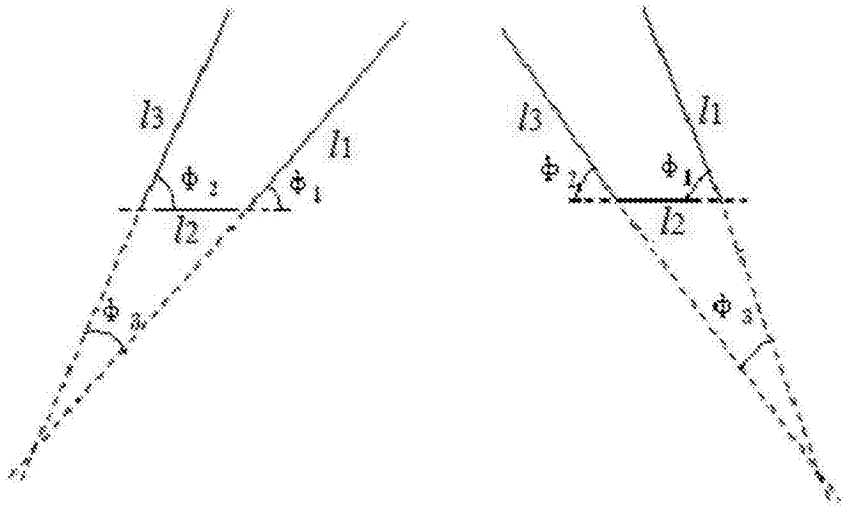


图4



（1） （2）

图5



（1） （2）

图6

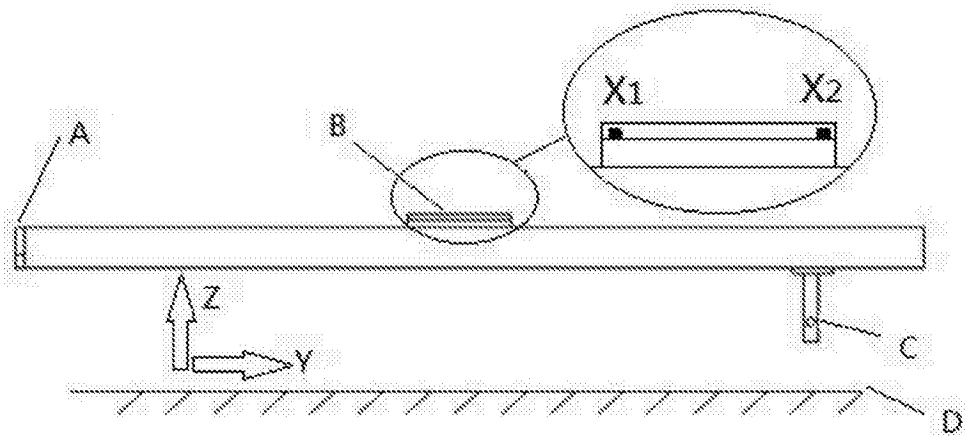


图7

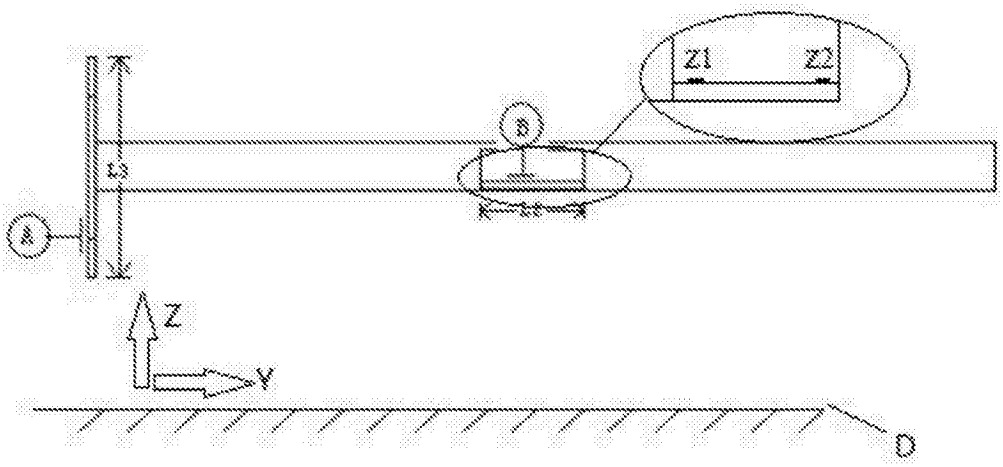


图8