



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105091858 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201510463751. 1

(22) 申请日 2015. 08. 02

(71) 申请人 上海砺晟光电技术有限公司

地址 200031 上海市闵行区宜山路 1618 号  
26 幢 5 楼

(72) 发明人 不公告发明人

(51) Int. Cl.

G01C 9/00(2006. 01)

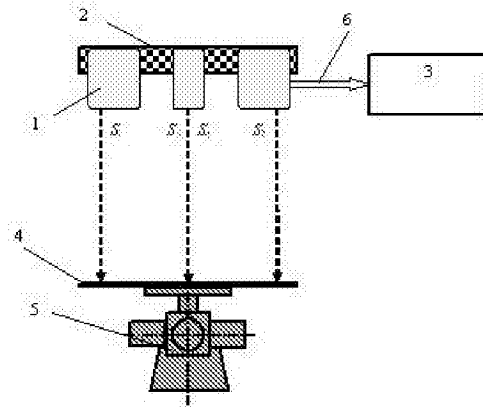
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

基于绝对测距的二维倾角非接触测量方法与系统

(57) 摘要

本发明提出一种可以实现二维倾角非接触测量的方法及系统。采用若干个具有绝对测距功能的非接触位移传感器,同时对被测目标上的测量平面进行测量,通过对各个位移传感器位移值的数据处理,最终可以直接得到二维倾角测量结果。与现有的倾角传感器/倾角仪相比,本发明的方法既可以测量二维倾角,也可以测量一维倾角,而且对被测目标的运动特性没有任何影响。这种方法对传感器的安装没有过高要求,当测量系统的轴线与被测目标回转轴线不平行时也可以实现一维/二维倾角测量。此外,该方法的测量结果与测量平面与被测目标回转轴线的偏心距无关,因此无需测定此偏心距,方便实际应用。



1. 一种二维倾角非接触测量系统,其特征在于:该测量系统由若干位移传感器、一个测量平面、一个测量支架、一个控制系统和一根电缆组成。
2. 测量平面为被测目标上的某个平面,可与被测目标工作面平行,也可以不平行。
3. 位移传感器安置于测量支架之上,每个传感器的测量线互相平行,并且所有测量线均对准测量平面,每个位移传感器的输出通过电缆输送到控制系统。
4. 当被测目标处于任何空间姿态位置时,在控制系统的统一控制下,所有位移传感器同步获取与测量平面之间的距离值,并送入控制系统进行数据处理,通过计算得到测量平面即被测目标的二维倾角值。
5. 根据权利要求1所述的二维倾角非接触测量系统,其特征是:所述的位移传感器是具有绝对测距功能的非接触位移传感器。
6. 根据权利要求5所述的位移传感器,其特征是:位移传感器的数量最少为3个,所有位移传感器应布置在一个平面内,但是不得布置在同一条直线上。
7. 一种针对上述测量系统的倾角测量数据处理方法,其特征是:对于采用奇数个位移传感器测量二维倾角的情形,本发明的数据处理方法是:利用每个位移传感器的位移值与该传感器所在平面位置得到测量平面上对应的测量点的空间三维坐标,然后利用测量平面上所有测量点的三维坐标计算出测量平面所在测量平面的平面方程,然后计算该测量平面与基准平面的夹角,即为被测目标的二维倾角值。
8. 根据权利要求7所述的数据处理方法,其特征是:对于采用偶数个位移传感器测量二维倾角的情形,所述的数据处理方法是:分别利用两条正交的测量线上各个位移传感器的位移值,单独计算此直线方向的一维倾角初值。
9. 然后利用另一条测量线的位移传感器位移值之差对上述倾角初值进行修正,从而可以获得准确的二维倾角测量结果。
10. 本发明提出一种测量平板来代替测量平面的功能,该测量平板采用轻质材料制造,形状为正方形,背部安置若干加强筋,呈框架式结构布置。

## 基于绝对测距的二维倾角非接触测量方法与系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种几何量测量技术领域的方法与系统,具体是一种基于绝对测距的二维倾角非接触测量方法与系统。

### 背景技术

[0002] 倾角是指一个平面相对于基准平面(一般值水平面)的夹角。测量倾角的仪器称为倾角仪或者水平仪。倾角是几何量领域的常见测量项目之一。目前,在国民经济众多领域,都有各种各样的倾角测量需求。常规的倾角测量方法,主要以磁阻传感器测量本体相对于地磁场的方位来实现倾角测量。这种方法的优点是操作简单、使用方便,可测量一维或二维倾角。

[0003] 但是这种方法存在一些明显的问题与不足,特别是传统倾角传感器 / 倾角仪必须安装在被测目标的工作面上,并随被测目标一起转动,测量方式属于接触式测量。其带来的问题是:(1)将倾角传感器安置于被测目标之上将有可能对被测目标的运动性能产生影响。特别是当被测目标体积较小、重量较轻的情况下,这种影响会尤为严重,甚至根本无法实现测量。(2)将倾角传感器安装与被测目标之上,势必要求在被测目标本体上加工螺纹孔用于固定倾角传感器,这将破坏被测目标的原有特性和损坏。(3)传统倾角传感器一般采用电缆将测量结果传输到上位机,而在被测目标转动过程中将不可避免地产生电缆拖曳现象,明显不合理。(4)传统倾角传感器 / 倾角仪只能测量两个正交方向的倾角,如果存在由于安装等原因导致的倾角传感器测量线与被测目标的回转轴线不平行等现象时,不可避免地产生测量误差,而且被测目标倾角越大,这项误差也越大。上述这些问题也是目前绝大部分的倾角传感器 / 倾角仪的通病。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于针对现有倾角传感器 / 倾角仪的接触测量问题,提出一种可以实现二维倾角非接触测量的方法及系统。该方法是采用若干个具有绝对测距功能的非接触位移传感器,同时对置于被测目标上的测量平面进行测量,通过对各个位移传感器的输出数据进行处理,最终得到二维倾角测量结果。这种方法可直接利用被测目标上的平面实现二维倾角的非接触高精度测量,对被测目标的运动特性没有影响。这种方法既可以测量二维倾角,也可以测量一维倾角。而且这种方法对传感器的安装没有过高要求,当测量系统的轴线与被测目标回转轴线不平行时也可以实现一维 / 二维倾角测量。此外,该方法的测量结果与测量平面与被测目标回转轴线的偏心距无关,因此无需测定此偏心距,方便实际应用。

[0005] 本发明是通过以下技术方案实现的:

本发明的二维倾角非接触测量系统主要包括:若干位移传感器、一个测量平面、一个测量支架、一个控制系统和一个电缆。测量平面为被测目标上的某一个平面,可与被测目标的工作面平行,也可以不平行。位移传感器安置于测量支架之上,每个传感器的测量线互相平

行,并且所有测量线均对准测量平面,每个传感器的输出通过电缆输送到控制系统。控制系统一般置于附近。当被测目标处于任一空间姿态位置时,在控制系统的统一控制下,所有位移传感器同步获取与测量平面之间的距离值,并经过电缆送入控制系统进行数据处理,通过计算得到测量平面即被测目标的二维倾角值。

[0006] 本发明的位移传感器是具有绝对测距功能的非接触位移传感器,例如激光位移传感器、激光测距传感器、电涡流位移传感器、电容位移传感器等。具体位移传感器的选择,取决于倾角测量范围和传感器之间的间距。对于倾角范围较大、传感器间距较大的场合,应采用测量范围较大的绝对位移传感器,例如激光位移传感器、激光测距传感器等。对于倾角范围较小、传感器间距较小的场合,应采用测量范围较小的绝对位移传感器,例如电涡流位移传感器、电容位移传感器等。

[0007] 本发明的位移传感器的数量最少为3个。所有位移传感器应该布置在同一平面上,但是不可布置在同一直线上。而且传感器数量不同,传感器的布局也随之不同:如果位移传感器的数量为奇数,则应该将位移传感器均匀布置在测量中心点周围。如果位移传感器的数量为偶数,则应将位移传感器布置在相互正交的两个直线上,这两条直线可以与被测目标的回转中心线平行或垂直,也可以保持一定角度,但是不影响测量结果,这也是本发明的特殊之处。

[0008] 本发明的测量支架的主要作用,是支撑各传感器,使之保持确定的方向和位置。本发明的测量支架的特殊之处在于,测量支架本身具有定位功能,可以保证各个位移传感器之间的间距处于理想位置,对于一般精度而言可以免除标定过程。

[0009] 本发明的测量平面的作用,是提供足够大小与精度的测量区域空间,保证倾角的准确测量。本发明的测量平面的区域形状应为正方形。本发明的测量平面可以与被测目标的工作面平行,也可以不平行,没有特殊限制。

[0010] 本发明的测量平面的大小取决于倾角变化范围、传感器间距以及测量平面与被测目标回转轴线的偏心距,倾角变化范围越大、传感器间距越大、测量平面与被测目标回转轴线的偏心距越大,所需的测量平面的尺寸也就越大。对于空间有限值的场合,不能采用较大尺寸的测量平面,

根据采用的位移传感器的不同,本发明需要选用具有不同表面特性的测量平面。根据不同的倾角测量精度要求,本发明的测量平面需要具有不同的平面度要求。

[0011] 对于某些特殊场合,由于空间所限无法使用较大尺寸的测量平面。针对这种情况,本发明采用多个位移传感器和小尺寸测量平面,通过分段测量和自动切换技术实现较大测量范围的倾角测量。

[0012] 如果被测目标并不具备满足上述要求的测量平面,本发明的二维倾角非接触测量系统也可以采用轻质材料制作一个正方形的测量平板,并安装于被测目标之上。此时,测量平板应采用较小的厚度,从而保证对被测目标的运动特性基本没有影响。为减小测量平板的变形,可以在测量平板的背面加装若干加强筋,并呈框架式结构布局,以便提供最大的刚性支撑。

[0013] 本发明提出用于上述二维倾角非接触测量系统的数据处理方法。当采用的位移传感器数量不同时,相应的数据处理方法也有所不同。

[0014] 对于采用奇数个位移传感器测量二维倾角的情形,本发明的数据处理方法是:利

用每个位移传感器的位移值与该传感器所在平面位置得到测量平面上对应的测量点的空间三维坐标,然后利用测量平面上所有测量点的三维坐标计算出测量平面所在测量平面的平面方程,然后计算该测量平面与基准平面的夹角,即为被测目标的二维倾角值。这种方法可以称为“平面方程法”。

[0015] 对于采用偶数个位移传感器测量二维倾角的情形,本发明的数据处理方法是:分别利用两条正交的测量线上各个位移传感器的位移值,单独计算此直线方向的一维倾角初值。然后利用另一条测量线的位移传感器位移值之差对上述倾角初值进行修正,从而可以获得准确的二维倾角测量结果。这种方法可以称为“正交修正法”。

[0016]

## 附图说明

[0017] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0018] 图 1 为本发明的二维倾角非接触测量系统组成示意图;

图 2 为本发明的三传感器二维倾角测量系统组成原理示意图;

图 3 为本发明的四传感器二维倾角测量系统组成原理示意图;

图 4 为本发明的具有加强筋的测量平板结构示意图;

图中,1 为位移传感器,2 为测量支架,3 为控制系统,4 为测量平面,5 为被测目标,6 为传输电缆,7 为测量平板,8 为加强筋。

[0019]

## 具体实施方式

[0020] 下面结合附图对本发明的实施例作详细说明:本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0021] 本发明的倾角非接触测量系统的组成如图 1 所示。测量系统主要包括:若干位移传感器 1、一个测量平面 4、一个测量支架 2、一个控制系统 3、一个传输电缆 6、一个测量平板。测量平面 4 位于被测目标 5 之上的某个平面,可与被测目标 5 的工作面平行,也可与被测目标 5 的工作面不平行。位移传感器 1 安置于测量支架 2 之上,每个位移传感器 1 之间的测量线互相平行,并且所有测量线均对准测量平面 4,每个位移传感器 1 的输出通过电缆 6 输送到控制系统 3。控制系统一般置于适当附近。当被测目标 5 处于任一空间姿态位置时,在控制系统 3 的统一控制下,所有位移传感器 1 同步获取与测量平面之间的距离值,并送入控制系统 3 进行数据处理,通过计算得到测量平面 4 即被测目标 5 的二维倾角值。

[0022] 本发明的位移传感器 1 是具有绝对测距功能的非接触位移传感器,例如激光位移传感器、激光测距传感器、电涡流位移传感器、电容位移传感器等。具体位移传感器 1 的选择,取决于倾角测量范围和传感器之间的间距。对于倾角范围较大、传感器间距较大的场合,应采用测量范围较大的绝对位移传感器,例如激光位移传感器、激光测距传感器等,其位移测量范围可达几十 mm 至几百 mm 甚至更大。对于倾角范围较小、传感器间距较小的场合,应采用测量范围较小的绝对位移传感器,例如电涡流位移传感器、电容位移传感器等,其位移测量范围可达几 mm 至几十 mm。

[0023] 本发明的位移传感器 1 的数量最少为 3 个。所有位移传感器应该布置在同一平面上,但是不可布置在同一直线上。而且传感器数量不同,传感器的布局也随之不同:

如果位移传感器 1 的数量为奇数,则应该将位移传感器 1 均匀布置在测量中心点周围。图 2 为采用 3 个位移传感器 1 测量二维倾角的系统组成示意图。3 个位移传感器 Sensor1、Sensor2 和 Sensor3 处于同一平面 M-Plane 上,并且均匀布置在测量中心点 O 的周围,距离中心点 O 的距离均为 R。

[0024] 如果位移传感器 1 的数量为偶数,则应将位移传感器布置在相互正交的两个直线方向上,这两条直线分别与被测目标 5 的回转中心线平行和垂直。图 3 为采用 4 个位移传感器 1 测量二维倾角的系统组成示意图。4 个位移传感器 Sensor1、Sensor2、Sensor3 和 Sensor4 处于同一平面 M-Plane 上,并且均匀布置在两条直线 x 和 y 上,两组位移传感器的间隔均为 2L。

[0025] 本发明的测量支架 2 的主要作用,是支撑各位移传感器 1,使之保持确定的方向和位置。本发明的测量支架 2 的特殊之处在于,测量支架 2 本身具有定位功能,可以保证各个位移传感器 1 之间的间距处于理想位置,对于一般精度而言可以免除标定过程。

[0026] 本发明的测量平面 4 的作用,是提供足够大小与精度的测量空间,保证倾角的准确测量。本发明的测量平面 4 的形状应为正方形。本发明的测量平面 4 所在平面可以与被测目标 5 的工作面平行,也可以不平行,没有特殊限制。

[0027] 本发明的测量平面 4 的大小,主要取决于倾角变化范围  $\theta$ 、传感器间距 L 以及测量平面 4 与被测目标 5 回转轴线的偏心距 e。以图 2 所示双位移传感器测量一维倾角为例,所需测量平面 4 的最大尺寸为:

$$D_{\max} = (L + 2e \sin \theta) / \cos \theta$$

显然,倾角变化范围  $\theta$  越大、传感器间距 L 越大、测量平面 4 与被测目标 5 回转轴线的偏心距 e 越大,所需的测量平面 4 的尺寸也就越大。

[0028] 本发明根据采用的位移传感器 1 的种类不同,需要选用具有不同表面特性的测量平面 4。例如,对于激光位移传感器,需要采用具有漫反射表面特性的测量平面 4。

[0029] 本发明的测量平面 4 需要具有一定的平面度精度要求。根据不同的倾角测量精度要求,测量平面 4 需要具有不同的平面度要求。倾角测量精度要求越高,对测量平面 4 的平面度要求也越高。假设倾角测量精度为  $\pm \Delta \theta$ ,两个传感器的间隔为 L,则测量平面的平面度要求应为:

$$\Delta = \pm L \tan \Delta \theta$$

如果被测目标 5 并不具备满足上述要求的测量平面 4,本发明的二维倾角非接触测量系统也可以单独制作一个测量平板 7,并安装于被测目标 5 之上。为例保证对被测目标 5 的运动特性基本没有影响,本发明的测量平板 7 采用轻质材料,例如铝合金、有机玻璃等材料。本发明的测量平板 7 采用较小的厚度,为例减小测量平板 7 的变形,可以在测量平板 7 的背面加装若干加强筋 8。如图 4 所示,对于正方形测量平面 4,可在背面设置了 6 条加强筋,其中 4 条加强筋围成正方形,另外 2 条长的加强筋呈交叉布局,从而构成框架式支撑结构。

[0030] 本发明提出用于上述二维倾角非接触测量系统的数据处理方法。当采用的位移传感器 1 的数量不同时,相应的数据处理方法也有所不同。

[0031] 对于采用奇数个位移传感器测量二维倾角的情形,本发明的数据处理方法是:利用每个位移传感器 1 的位移值与该传感器所在平面位置得到测量平面 4 上对应的测量点的空间三维坐标,然后利用测量平面 4 上所有测量点的三维坐标计算出测量平面 4 所在测量平面的平面方程,然后计算该测量平面与基准平面的夹角,即为被测目标 5 的二维倾角值。这种方法可以称为“平面方程法”。

[0032] 以图 2 所示的 3 传感器二维倾角测量系统为例,3 个位移传感器 Sensor1、Sensor2 和 Sensor3 处于同一平面 M-Plane 上,3 个位移传感器 Sensor1、Sensor2 和 Sensor3 的位移分别为  $s_1$ 、 $s_2$  和  $s_3$ ,并且均匀布置在测量中心点 0 的周围,距离中心点 0 的距离均为  $R$ 。则在测量平面 4 上与 3 个位移传感器相对应的 3 个测量点的空间坐标分别为:

$$P1(x_1, y_1, z_1) \text{ 点 } : (-0.866R, -0.5R, S_1)$$

$$P2(x_2, y_2, z_2) \text{ 点 } : (0, 0.5R, S_2)$$

$$P3(x_3, y_3, z_3) \text{ 点 } : (0.866R, -0.5R, S_3)$$

由此可以建立测量平面 4 所在测量平面的平面方程为:

$$ax+by+cz=d$$

式中:

$$a=(y_2-y_1)(z_3-z_1)-(y_3-y_1)(z_2-z_1)$$

$$b=(z_2-z_1)(x_3-x_1)-(z_3-z_1)(x_2-x_1)$$

$$c=(x_2-x_1)(y_3-y_1)-(x_3-x_1)(y_2-y_1)$$

$$d=ax_1+by_1+cz_1$$

由此可以求得测量平面的二维倾角值为:

$$\theta_x = \arctan(c/a)$$

$$\theta_y = \arctan(c/b)$$

对于采用偶数个位移传感器 1 测量二维倾角的情形,本发明的数据处理方法是:分别利用两条正交的测量线上各个位移传感器 1 的位移值,单独计算此直线方向的一维倾角初值。然后利用另一条测量线的位移传感器 1 的位移值对这两个一维倾角初值进行修正,从而可以获得准确的二维倾角测量结果。这种方法可以称为“正交修正法”。

[0033] 以图 3 所示的 4 传感器二维倾角测量系统为例,4 个位移传感器 Sensor1、Sensor2、Sensor3 和 Sensor4 处于同一平面 M-Plane 上,但是分别布置在两条正交的测量线  $x$  和  $y$  上,4 个位移传感器的位移值分别为  $s_1$ 、 $s_2$ 、 $s_3$  和  $s_4$ ,每条测量线上两个位移传感器间距均为  $2L$ ,则可以得到两个测量线方向的倾角初值分别为:

$$\theta_x = \arctan[(s_1-s_3)/2L]$$

$$\theta_y = \arctan[(s_2-s_4)/2L]$$

然后,对于上述两个一维倾角初值,分别利用另一条测量线的位移传感器的位移值之差进行修正,最终得到准确的二维倾角值:

$$\theta_x = \arctan[(s_1-s_3)/\sqrt{(s_2-s_4)^2+4L^2}]$$

$$\theta_y = \arctan[(s_2-s_4)/\sqrt{(s_1-s_3)^2+4L^2}]$$

本发明的有益效果是,与现有的倾角传感器/倾角仪相比,本发明的方法可实现二维倾角的非接触高精度测量,对被测目标的运动特性基本没有影响。这种方法既可以测量二维倾角,也可以测量一维倾角。而且这种方法对传感器的安装没有过高要求,当测量系统的

轴线与被测目标回转轴线不平行时也可以实现一维 / 二维倾角测量。此外,该方法的测量结果与测量平面与被测目标回转轴线的偏心距无关,因此无需测定此偏心距,方便实际应用。



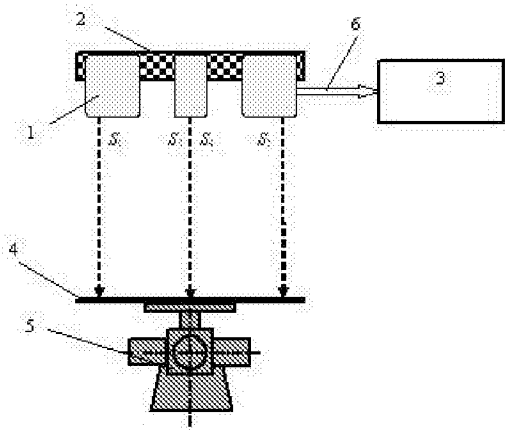


图 1

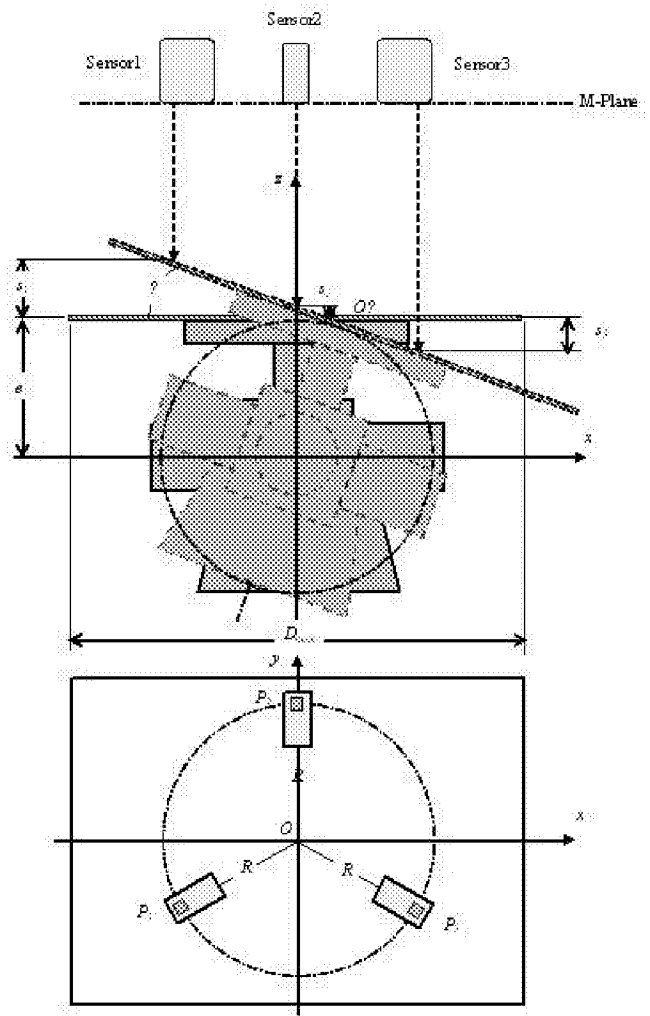


图 2

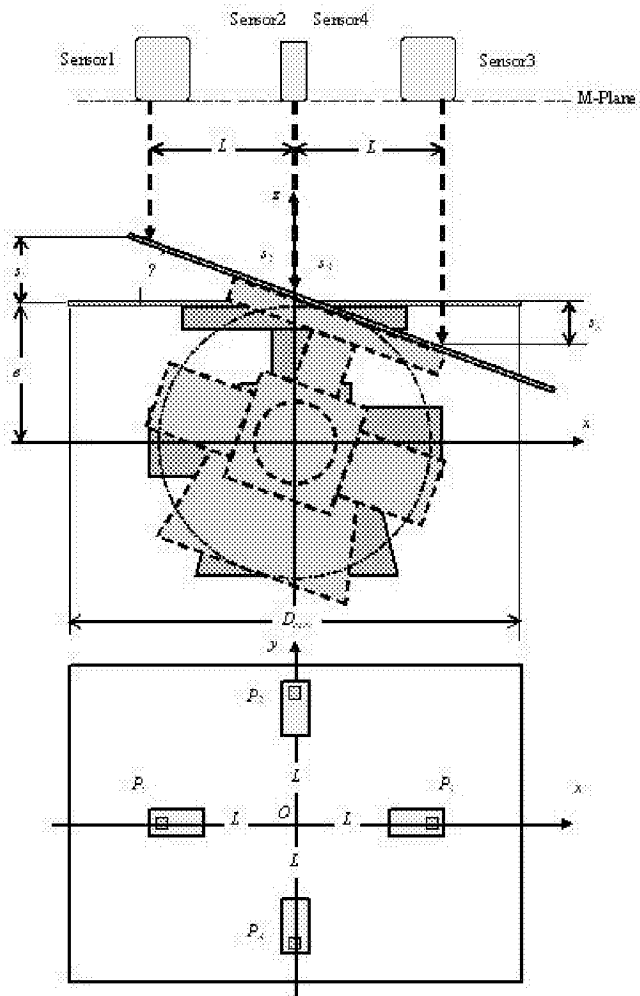


图 3

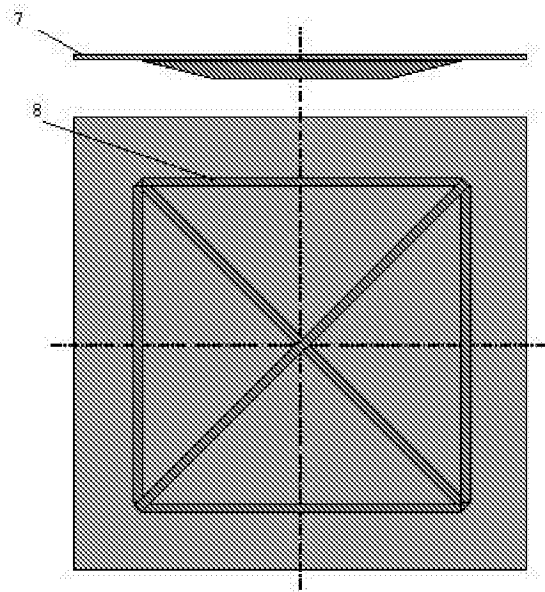


图 4