



(21) 申请号 202310250423.8

(22) 申请日 2023.03.16

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115962752 A

(43) 申请公布日 2023.04.14

(73) 专利权人 上海米度测控科技有限公司

地址 201203 上海市浦东新区中国(上海)

自由贸易试验区郭守敬路498号1幢
503/03室

(72) 发明人 李玮煜 段冰强 马柯 马召光

李政轲 王玉柱

(74) 专利代理机构 上海汉盛律师事务所 31316

专利代理师 韩雪松 管雨

(51) Int. Cl.

G01C 1/00 (2006.01)

G01C 9/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 101413999 A, 2009.04.22

CN 102536207 A, 2012.07.04

CN 102809367 A, 2012.12.05

CN 111765858 A, 2020.10.13

CN 112857193 A, 2021.05.28

CN 115046525 A, 2022.09.13

CN 115507813 A, 2022.12.23

JP 2004125511 A, 2004.04.22

JP 2005061969 A, 2005.03.10

黄向群等.路基侧向位移观测中测斜管偏
转和扭转研究.《长江科学院报》.第49-52页.

曹建安;张乐平;吴昊;王亮;苗励文.采用倾
角传感器实现空间旋转角度测量的解析方法研
究.西安交通大学学报.2013, (第10期), 第109-
114页.

审查员 徐红梅

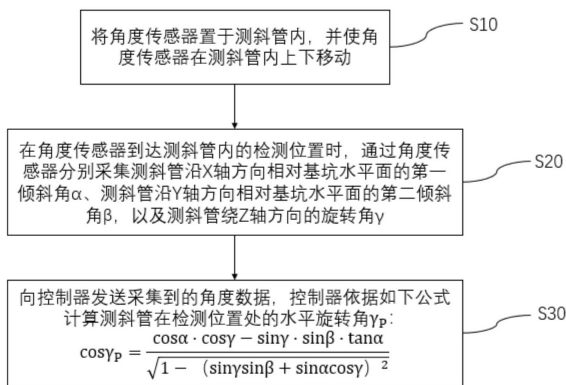
权利要求书2页 说明书10页 附图9页

(54) 发明名称

测斜管水平旋转角的测量方法及测量设备

(57) 摘要

本申请实施例涉及工程监测技术领域,公开了一种测斜管水平旋转角的测量方法及测量设备。其中的测量方法包括将角度传感器置于测斜管内,并使角度传感器在测斜管内上下移动;在角度传感器到达测斜管内的检测位置时,通过角度传感器分别采集测斜管沿X轴方向相对基坑水平面的第一倾斜角 α 、测斜管沿Y轴方向相对基坑水平面的第二倾斜角 β ,以及测斜管绕Z轴方向的旋转角 γ ;向控制器发送采集到的角度数据。本申请实施例提供的测斜管水平旋转角的测量方法及测量设备,能够更加精确地得到测斜管的姿态。



1. 一种测斜管水平旋转角的测量方法,其特征在于,包括:

将角度传感器置于测斜管内,并使所述角度传感器在所述测斜管内上下移动;

在所述角度传感器到达所述测斜管内的检测位置时,通过所述角度传感器分别采集所述测斜管沿X轴方向相对基坑水平面的第一倾斜角 α 、所述测斜管沿Y轴方向相对基坑水平面的第二倾斜角 β ,以及所述测斜管绕Z轴方向的旋转角 γ ;

向控制器发送采集到的角度数据,所述控制器依据如下公式计算所述测斜管在所述检测位置处的水平旋转角 γ_P :

$$\cos\gamma_P = \frac{\cos\alpha \cdot \cos\gamma - \sin\gamma \cdot \sin\beta \cdot \tan\alpha}{\sqrt{1 - (\sin\gamma \sin\beta + \sin\alpha \cos\gamma)^2}}$$

其中,所述X轴、所述Y轴以及所述Z轴两两垂直,且所述X轴、所述Y轴以及所述Z轴均为所述角度传感器自身坐标系的坐标轴,所述基坑水平面为与重力方向相垂直的平面,所述水平旋转角为形成所述旋转角的两条边线在所述基坑水平面内的投影线形成的夹角。

2. 根据权利要求1所述的测斜管水平旋转角的测量方法,其特征在于,在所述将角度传感器置于测斜管内之前,还包括:

使所述角度传感器自身坐标系中的所述X轴垂直于基坑侧面,并对所述角度传感器进行旋转角归零。

3. 根据权利要求1所述的测斜管水平旋转角的测量方法,其特征在于,所述测斜管内的所述检测位置有多个,相邻两个所述检测位置之间间隔预设距离。

4. 根据权利要求1至3任一项所述的测斜管水平旋转角的测量方法,其特征在于,所述角度传感器包括两个单轴倾角传感器和一个旋转角传感器,两个所述单轴倾角传感器垂直布置,一个所述单轴倾角传感器朝向所述X轴布置,以采集所述第一倾斜角,另一个所述单轴倾角传感器朝向所述Y轴布置,以采集所述第二倾斜角,所述旋转角传感器采集所述旋转角。

5. 根据权利要求1至3任一项所述的测斜管水平旋转角的测量方法,其特征在于,所述角度传感器包括一个双轴倾角传感器和一个旋转角传感器,所述双轴倾角传感器沿不同的方向分别采集所述第一倾斜角与所述第二倾斜角,所述旋转角传感器采集所述旋转角。

6. 根据权利要求1至3任一项所述的测斜管水平旋转角的测量方法,其特征在于,所述角度传感器为三轴角度传感器,所述三轴角度传感器沿不同的方向分别采集所述第一倾斜角、所述第二倾斜角与所述旋转角。

7. 一种测量设备,用于实现权利要求1至6任一项所述的测量方法,其特征在于,所述测量设备包括:

壳体,设置有容纳腔;

角度传感器,安装在所述容纳腔内;

线缆,一端位于所述容纳腔内、并与所述角度传感器电连接,另一端伸出所述壳体;

控制器,与所述线缆的另一端电连接。

8. 根据权利要求7所述的测量设备,其特征在于,所述线缆外周每隔一段预设距离设置有一个标识位置。

9. 根据权利要求7所述的测量设备,其特征在于,所述容纳腔具有开口,所述壳体上设

置有封闭所述开口的封装盖板,所述封装盖板上连接有防水接头,所述防水接头与所述封装盖板的表面之间设置有密封圈,所述线缆的另一端依次经由所述封装盖板与所述防水接头穿出。

10.根据权利要求7至9任一项所述的测量设备,其特征在于,所述壳体外设置有导向装置,所述导向装置包括与所述壳体连接的底座,与所述底座连接的导轮支架,以及能够转动地设置在所述导轮支架上的导轮。

11.根据权利要求10所述的测量设备,其特征在于,所述导轮支架与所述导轮均有多,多个所述导轮支架环绕在所述底座外,多个所述导轮与多个所述导轮支架一一对应设置,任意两个所述导轮位于同一平面上或者分别位于两个相互垂直的平面上。

12.根据权利要求10所述的测量设备,其特征在于,所述导轮支架与所述底座之间设置有弹性件,所述导轮支架与所述底座铰接,所述弹性件驱使所述导轮支架以带动所述导轮向远离所述底座的方向移动。

13.根据权利要求10所述的测量设备,其特征在于,还包括配重件,所述配重件设置在所述底座远离所述壳体的一侧。

14.根据权利要求13所述的测量设备,其特征在于,所述配重件远离所述底座的一侧设置有缓冲件。

测斜管水平旋转角的测量方法及测量设备

技术领域

[0001] 本申请实施例涉及工程监测技术领域,特别涉及一种测斜管水平旋转角的测量方法及测量设备。

背景技术

[0002] 随着经济社会的快速发展,各种基础设施建设日益增多。在建设施工过程中,基坑施工是一项重要的项目。在基坑施工过程中,需要对土体的水平位移进行监测,以确定基坑的安全风险。而测斜技术是监测土体水平位移的主要技术,在测斜技术应用过程中,会埋设测斜管,通过测量测斜管内各个不同位置处的状态数据,最终达到监测土体变形的目的。

[0003] 测斜管的状态数据可以通过测量测斜管的姿态得到。姿态是指参考坐标系和机体坐标系之间的关系,通常用俯仰角、横滚角和偏航角三个角度来表征物体姿态,统称为姿态角。俯仰角表示机体X轴与水平面的夹角;横滚角表示机体Y轴与水平面的夹角;偏航角表示机体X轴投影到水平面与参考系X轴的夹角,也称为水平旋转角。

[0004] 由于测斜管在绑扎施工过程中,上下各段之间会发生相对扭转,而在测斜管发生这样的扭曲后会使监测精度降低,从而无法精确地得到测斜管的姿态。

发明内容

[0005] 本申请实施方式的目的在于提供一种测斜管水平旋转角的测量方法及测量设备,能够更加精准地得到测斜管的姿态。

[0006] 为解决上述技术问题,本申请的实施方式提供了一种测斜管水平旋转角的测量方法,包括:

[0007] 将角度传感器置于测斜管内,并使角度传感器在测斜管内上下移动;

[0008] 在角度传感器到达测斜管内的检测位置时,通过角度传感器分别采集测斜管沿X轴方向相对基坑水平面的第一倾斜角 α 、测斜管沿Y轴方向相对基坑水平面的第二倾斜角 β ,以及测斜管绕Z轴方向的旋转角 γ ;

[0009] 向控制器发送采集到的角度数据,控制器依据如下公式计算测斜管在检测位置处的水平旋转角 γ_P :

$$[0010] \quad \cos\gamma_P = \frac{\cos\alpha \cdot \cos\gamma - \sin\gamma \cdot \sin\beta \cdot \tan\alpha}{\sqrt{1 - (\sin\gamma \sin\beta + \sin\alpha \cos\gamma)^2}}$$

[0011] 其中,X轴、Y轴以及Z轴两两垂直,且X轴、Y轴以及Z轴均为角度传感器自身坐标系的坐标轴,基坑水平面为与重力方向相垂直的平面,水平旋转角为形成旋转角的两条边线在基坑水平面内的投影线形成的夹角。

[0012] 本申请的实施方式还提供了一种测量设备,包括壳体、角度传感器、线缆及控制器。壳体设置有容纳腔;角度传感器安装在容纳腔内;线缆一端位于容纳腔内、并与角度传感器电连接,另一端伸出壳体外;控制器与线缆的另一端电连接。

[0013] 本申请的实施方式提供的测斜管水平旋转角的测量方法及测量设备,通过同时测

量测斜管在两个相互垂直的方向上的倾斜角,以及测斜管的旋转角,可以计算得到测斜管对应检测位置处的水平旋转角。从而确保测量结果能够精确地反映出测斜管对应检测位置处的扭曲程度,更加精确地得到测斜管的姿态。以便最终能够得到准确的测量结果,以反映测斜管的水平位移量。

[0014] 在一些实施方式中,在将角度传感器置于测斜管内之前,还包括使角度传感器自身坐标系中的X轴垂直于基坑侧面,并对角度传感器进行旋转角归零。

[0015] 在一些实施方式中,测斜管内的检测位置有多个,相邻两个检测位置之间间隔预设距离。

[0016] 在一些实施方式中,角度传感器包括两个单轴倾角传感器和一个旋转角传感器,两个单轴倾角传感器垂直布置,一个单轴倾角传感器朝向X轴布置,以采集第一倾斜角,另一个单轴倾角传感器朝向Y轴布置,以采集第二倾斜角,旋转角传感器采集旋转角。

[0017] 在一些实施方式中,角度传感器包括一个双轴倾角传感器和一个旋转角传感器,双轴倾角传感器沿不同的方向分别采集第一倾斜角与第二倾斜角,旋转角传感器采集旋转角。

[0018] 在一些实施方式中,角度传感器为三轴角度传感器,三轴角度传感器沿不同的方向分别采集第一倾斜角、第二倾斜角与旋转角。

附图说明

[0019] 一个或多个实施例通过与之对应的附图中的图片进行示例性说明,这些示例性说明并不构成对实施例的限定,附图中具有相同参考数字标号的元件表示为类似的元件,除非有特别申明,附图中的图不构成比例限制。

[0020] 图1是本申请一些实施例提供的测斜管水平旋转角的测量方法的流程图;

[0021] 图2是本申请一些实施例提供的角度传感器在一种情形下旋转时的前后位置状态示意图;

[0022] 图3是本申请一些实施例提供的角度传感器在另一种情形下旋转时的前后位置状态示意图;

[0023] 图4是本申请一些实施例提供的角度传感器在又一种情形下旋转时的前后位置状态示意图;

[0024] 图5是本申请一些实施例提供的角度传感器在又一种情形下旋转时的前后位置状态示意图;

[0025] 图6是本申请一些实施例提供的角度传感器在又一种情形下旋转时的前后位置状态示意图;

[0026] 图7是本申请一些实施例提供的角度传感器在又一种情形下旋转时的前后位置状态示意图;

[0027] 图8是本申请一些实施例提供的角度传感器在又一种情形下旋转时的前后位置状态示意图;

[0028] 图9是本申请一些实施例提供的角度传感器在又一种情形下旋转时的前后位置状态示意图;

[0029] 图10是本申请一些实施例提供的测量设备的结构示意图;

[0030] 图11是本申请一些实施例提供的测量设备的壳体部分置于测斜管内时的结构示意图。

具体实施方式

[0031] 为使本申请实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本申请的各实施方式进行详细的阐述。然而,本领域的普通技术人员可以理解,在本申请各实施方式中,为了使读者更好地理解本申请而提出了许多技术细节。但是,即使没有这些技术细节和基于以下各实施方式的种种变化和修改,也可以实现本申请所要求保护的技术方案。以下各个实施例的划分是为了描述方便,不应对本申请的具体实现方式构成任何限定,各个实施例在不矛盾的前提下可以相互结合相互引用。

[0032] 除非另有定义,本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同;本文中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的,不是旨在限制本申请;本申请的说明书和权利要求书及上述附图说明中的术语“包括”和“具有”以及它们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包含。

[0033] 在本申请实施例的描述中,技术术语“第一”“第二”等仅用于区别不同对象,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量、特定顺序或主次关系。在本申请实施例的描述中,“多个”的含义是两个以上,除非另有明确具体的限定。

[0034] 在本申请实施例的描述中,除非另有明确的规定和限定,技术术语“安装”“相连”“连接”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,或成一体;也可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或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申请实施例中的具体含义。

[0035] 测斜技术常用在基坑土体的变形监测中,对预警基坑的安全风险能够起到非常关键的作用。在应用测斜技术时,会首先在监测位置的土体中埋设测斜管,然后再将测斜仪器放入测斜管内,对测斜管进行逐段测量。

[0036] 测斜仪器在测量过程中,沿着测斜管内的导槽移动。同时,通过测斜管内的导槽,能够限定测斜仪的检测方向。

[0037] 但是,测斜管上下各段之间在绑扎施工时容易发生扭转,这时,测斜管内的导槽也会随之发生扭转,而使得不同位置的导槽所在方向会出现不一致的情况。导槽所在的延伸方向会偏离原来的直线,而在基坑水平面上产生水平旋转角。当产生水平旋转角时,在整个测量过程中,该夹角位于不同的测量平面内,那么,计算时所应用的夹角会出现误差,进而造成测斜数据无法真实反映土体变形量。也就是说,在发生扭转的测斜管中进行测量时,测量结果无法有效地反映出基坑的实际水平位移量,从而无法准确地得知基坑的安全风险。

[0038] 即使加入对旋转角的测量,也会因为现有检测方式的缺陷,而导致旋转角的测量结果无法反映出测斜管水平旋转角的真实大小。

[0039] 通常,物体的姿态角用加速度计、磁力计和陀螺仪来进行测量。

[0040] 加速度计通过测量由于重力引起的加速度,可以计算出物体相对于水平面的倾斜角度。但是由于水平旋转角定义为机体坐标系X轴投影到水平面与参考系X轴的夹角,而重力加速度正好完全正交于水平面,因此加速度计无法测量水平旋转角。

[0041] 磁力计也叫地磁、磁传感器,可以用于测量磁场强度和方向,结合加速度计测量出的X轴与Y轴方向上的倾斜角和磁力计的三轴磁分量可以计算出水平旋转角,但是,磁力计会因为周围出现的铁磁材料引起较大的误差。

[0042] 陀螺仪,又叫角速度传感器,是用高速回转体的动量矩敏感壳体相对惯性空间绕正交于自转轴的一个或二个轴的角运动检测装置,同时,利用其他原理制成的角运动检测装置起同样功能的装置也称陀螺仪。但是陀螺仪芯片测得的三轴角度是X、Y轴与水平面的夹角,以及自身Z轴为轴线的旋转角,所以只有当陀螺仪芯片水平时测得的角度为水平旋转角,而当陀螺仪发生倾斜,其测得的旋转角会与水平旋转角产生偏差。

[0043] 因此,在应用测斜技术时,如何实现对测斜管不同位置处水平旋转角的测量,对测斜管的水平位移量的测量结果的准确性起着重要作用。

[0044] 本申请一些实施例为了实现对水平旋转角的精确测量,提供了一种测斜管水平旋转角的测量方法。该测量方法通过采集测斜管检测位置处在两个垂直方向上的倾斜角,以及测斜管检测位置处的旋转角,进而通过公式计算得到测斜管检测位置处的水平旋转角。这使得角度的测量不会受到所采用的传感器类型的影响,在实际测量时,针对不同角度选择相适应的角度传感器即可。进而将各角度传感器采集到的角度数据代入计算公式,即可最终得到准确的水平旋转角数据。

[0045] 下面结合图1,说明本申请一些实施例提供的一种测斜管水平旋转角的测量方法。

[0046] 如图1所示,本申请一些实施例提供的测斜管水平旋转角的测量方法,包括如下步骤:

[0047] 步骤S10:将角度传感器置于测斜管内,并使角度传感器在测斜管内上下移动。

[0048] 角度传感器用于采集角度信息,并将采集到的角度信息发送至后端的控制中心进行处理。实际情形中,角度传感器的类型包括但不限于陀螺仪,可以是任一种可以测得两轴倾斜角以及旋转角的传感器芯片组合。

[0049] 步骤S20:在角度传感器到达测斜管内的检测位置时,通过角度传感器分别采集测斜管沿X轴方向相对基坑水平面的第一倾斜角 α 、测斜管沿Y轴方向相对基坑水平面的第二倾斜角 β ,以及测斜管绕Z轴方向的旋转角 γ 。

[0050] 需要说明的是,X轴、Y轴以及Z轴两两垂直,且X轴、Y轴以及Z轴均为角度传感器自身坐标系的坐标轴,基坑水平面为与重力方向相垂直的平面。

[0051] 步骤S30:向控制器发送采集到的角度数据,控制器依据如下公式计算测斜管在检测位置处的水平旋转角 γ_P :

$$[0052] \quad \cos \gamma_P = \frac{\cos \alpha \cdot \cos \gamma - \sin \gamma \cdot \sin \beta \cdot \tan \alpha}{\sqrt{1 - (\sin \gamma \sin \beta + \sin \alpha \cos \gamma)^2}}$$

[0053] 水平旋转角为形成旋转角的两条边线在基坑水平面内的投影线形成的夹角。

[0054] 这样,本申请一些实施例提供的测斜管水平旋转角的测量方法,通过同时测量测斜管在两个相互垂直的方向上的倾斜角,以及测斜管的旋转角,可以计算得到测斜管对应检测位置处的水平旋转角。从而确保测量结果能够精确地反映出测斜管对应检测位置处的扭曲程度,更加精确地得到测斜管的姿态。以便最终能够得到准确的测量结果,以反映测斜管的水平位移量。

[0055] 下面以不同类型的实际情况说明上述公式的来源:

[0056] 情况一、图2示出了角度传感器X轴倾斜角为正,Y轴倾斜角为正,当角度传感器绕Z轴顺时针旋转时(令绕Z轴顺时针旋转为正,逆时针旋转为负)的前后位置状态。图中平面ABCD为基坑水平面。平面OXEY为角度传感器初始位置的坐标平面。向量 $\overrightarrow{OX}$, $\overrightarrow{OY}$ 的方向分别为角度传感器X轴和Y轴的方向。

[0057] $\angle XOX'$ 即为角度传感器采集的绕Z轴旋转角的角度,即 γ 。

[0058] OG、OF分别为OX、OY在基坑水平面ABCD上的投影线, $XG \perp OG$, $YF \perp OF$ 。

[0059] OG' 、 OF' 分别为 OX' 、 OY' 在基坑水平面ABCD上的投影线, $X'G' \perp OG'$, $Y'F' \perp OF'$ 。

[0060] $\angle GOG'$ 即为角度传感器在基坑水平面ABCD上的水平旋转角,即 γ_P 。

[0061] $\angle X'OG'$ 和 $\angle Y'OF'$ 分别为角度传感器在绕Z轴旋转后采集的X轴方向和Y轴方向上的倾斜角, $\angle X'OG'$ 为 α , $\angle Y'OF'$ 为 β 。

[0062] 过X点做垂直于 OX' 的辅助线,相交于H点,则 $XH \perp OX'$ 。

[0063] GJ是XH在基坑水平面ABCD上的投影线, $HJ \perp OG'$ 。

[0064] 根据 $XH \perp OX'$, $OY' \perp OX'$,且XH与 OY' 都在平面 $OX'E'Y'$ 上,所以 $XH \parallel OY'$,则 $GJ \parallel OF'$ 。

[0065] 过H点做垂直于XG的辅助线,相交于I点,则 $HI \perp XG$ 。

[0066] 根据 $XG \perp OG$, $HJ \perp OG'$, $HI \perp XG$,得出 $HI \parallel GJ$ 。

[0067] 所以 $\angle XHI$ 等于 $\angle Y'OF'$,即 $\beta_1 = \beta$ 。

[0068] 已知角度传感器采集的 α 、 β 、 γ ,要求出水平旋转角 γ_P 。根据余弦定理可得:

$$[0069] \cos \gamma_P = \frac{OG^2 + OJ^2 - GJ^2}{2OG \cdot OJ} \quad (1)$$

[0070] 又在 $\triangle OHJ$ 中

$$[0071] OJ = OH \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

$$[0072] HJ = OH \cdot \sin \alpha \quad (3)$$

[0073] 在 $\triangle XHI$ 中

$$[0074] HI = XH \cdot \cos \beta \quad (4)$$

$$[0075] XI = XH \cdot \sin \beta \quad (5)$$

[0076] 在 $\triangle OXH$ 中

$$[0077] OX = \frac{OH}{\cos \gamma} \quad (6)$$

$$[0078] \tan \gamma = \frac{XH}{OH} \quad (7)$$

[0079] 在 $\triangle OXG$ 中

$$[0080] OG = \sqrt{OX^2 - XG^2} \quad (8)$$

$$[0081] XG = XI + IG \quad (9)$$

$$[0082] IG = HJ \quad (10)$$

[0083] 将公式(2)至公式(10)带入公式(1)可得出:

$$[0084] \cos \gamma_P = \frac{\cos \alpha \cdot \cos \gamma - \sin \gamma \cdot \sin \beta \cdot \tan \alpha}{\sqrt{1 - (\sin \gamma \sin \beta + \sin \alpha \cos \gamma)^2}}$$

[0085] 情况二、图3示出了角度传感器X轴倾斜角为正,Y轴倾斜角为正,当角度传感器绕Z轴逆时针旋转时的前后位置状态。根据上述情况一同样的方法可计算出当角度传感器X轴倾斜角为正,Y轴倾斜角为正,绕Z轴逆时针旋转时,水平旋转角计算公式:

$$[0086] \quad \cos\gamma_p = \frac{\cos\alpha \cdot \cos\gamma - \sin\gamma \cdot \sin\beta \cdot \tan\alpha}{\sqrt{1 - (\sin\gamma\sin\beta + \sin\alpha\cos\gamma)^2}}$$

[0087] 情况三、图4示出了角度传感器X轴倾斜角为正,Y轴倾斜角为负,当角度传感器绕Z轴顺时针旋转时的前后位置状态。根据上述情况一同样的方法可计算出当角度传感器X轴倾斜角为正,Y轴倾斜角为负,绕Z轴顺时针旋转时,水平旋转角计算公式:

$$[0088] \quad \cos\gamma_p = \frac{\cos\alpha \cdot \cos\gamma - \sin\gamma \cdot \sin\beta \cdot \tan\alpha}{\sqrt{1 - (\sin\gamma\sin\beta + \sin\alpha\cos\gamma)^2}}$$

[0089] 情况四、图5示出了角度传感器X轴倾斜角为正,Y轴倾斜角为负,当角度传感器绕Z轴逆时针旋转时的前后位置状态。根据上述情况一同样的方法可计算出当角度传感器X轴倾斜角为正,Y轴倾斜角为负,绕Z轴逆时针旋转时,水平旋转角计算公式:

$$[0090] \quad \cos\gamma_p = \frac{\cos\alpha \cdot \cos\gamma - \sin\gamma \cdot \sin\beta \cdot \tan\alpha}{\sqrt{1 - (\sin\gamma\sin\beta + \sin\alpha\cos\gamma)^2}}$$

[0091] 情况五、图6示出了角度传感器X轴倾斜角为负,Y轴倾斜角为正,当角度传感器绕Z轴顺时针旋转时的前后位置状态。根据上述情况一同样的方法可计算出当角度传感器X轴倾斜角为负,Y轴倾斜角为正,绕Z轴顺时针旋转时,水平旋转角计算公式:

$$[0092] \quad \cos\gamma_p = \frac{\cos\alpha \cdot \cos\gamma - \sin\gamma \cdot \sin\beta \cdot \tan\alpha}{\sqrt{1 - (\sin\gamma\sin\beta + \sin\alpha\cos\gamma)^2}}$$

[0093] 情况六、图7示出了角度传感器X轴倾斜角为负,Y轴倾斜角为正,当角度传感器绕Z轴逆时针旋转时的前后位置状态。根据上述情况一同样的方法可计算出当角度传感器X轴倾斜角为负,Y轴倾斜角为正,绕Z轴逆时针旋转时,水平旋转角计算公式:

$$[0094] \quad \cos\gamma_p = \frac{\cos\alpha \cdot \cos\gamma - \sin\gamma \cdot \sin\beta \cdot \tan\alpha}{\sqrt{1 - (\sin\gamma\sin\beta + \sin\alpha\cos\gamma)^2}}$$

[0095] 情况七、图8示出了角度传感器X轴倾斜角为负,Y轴倾斜角为负,当角度传感器绕Z轴顺时针旋转时的前后位置状态。根据上述情况一同样的方法可计算出当角度传感器X轴倾斜角为负,Y轴倾斜角为负,绕Z轴顺时针旋转时,水平旋转角计算公式:

$$[0096] \quad \cos\gamma_p = \frac{\cos\alpha \cdot \cos\gamma - \sin\gamma \cdot \sin\beta \cdot \tan\alpha}{\sqrt{1 - (\sin\gamma\sin\beta + \sin\alpha\cos\gamma)^2}}$$

[0097] 情况八、图9示出了角度传感器X轴倾斜角为负,Y轴倾斜角为负,当角度传感器绕Z轴逆时针旋转时的前后位置状态。根据上述情况一同样的方法可计算出当角度传感器X轴倾斜角为负,Y轴倾斜角为负,绕Z轴逆时针旋转时,水平旋转角计算公式:

$$[0098] \quad \cos\gamma_p = \frac{\cos\alpha \cdot \cos\gamma - \sin\gamma \cdot \sin\beta \cdot \tan\alpha}{\sqrt{1 - (\sin\gamma\sin\beta + \sin\alpha\cos\gamma)^2}}$$

[0099] 也就是说,上述用于计算水平旋转角 γ_p 的公式在角度传感器处于不同情况下时,都可以计算出水平旋转角。

[0100] 同时,当角度传感器在X轴方向上的第一倾斜角 α ,以及在Y轴方向上的第二倾斜角 β 均为0时,代入上述公式,可得:

$$[0101] \quad \cos\gamma_p = \cos\gamma$$

[0102] 即当角度传感器未发生倾斜时,绕Z轴的旋转角 γ 与水平旋转角 γ_p 相等。

[0103] 另外,当角度传感器绕Z轴的旋转角 $\gamma = 0^\circ$ 时,将第一倾斜角 α 以及第二倾斜角 β 以任意角度代入上述公式,可得:

$$[0104] \quad \cos\gamma_p = 1$$

[0105] 即 $\gamma_p = 0^\circ$,也就是说,当角度传感器发生倾斜但未旋转时,旋转角 γ 与水平旋转角 γ_p 均为0。

[0106] 下面的表一为角度传感器处于不同测量情形下时通过公式计算得到的水平旋转角的记录表。

[0107] 表一、水平旋转角记录表

[0108]

序号	α	β	γ	γ_p
1	15	10	20	20.671
2	15	10	-20	20.016
3	15	-25	30	26.721
4	15	-25	-30	29.963
5	-10	15	15	14.537
6	-10	15	-15	14.886
7	-10	-20	25	24.564
8	-10	-20	-25	23.350

[0109] 可以看出,旋转角 γ 与测得的水平旋转角 γ_p 之间存在一定差距,这也说明使用旋转角 γ 来监测土体的水平位移量,会使得监测结果存在一定误差,导致无法准确监测土体的水平位移量。

[0110] 在本申请的一些实施例中,在将角度传感器置于测斜管内之前,还包括如下步骤:

[0111] 使角度传感器自身坐标系中的X轴垂直于基坑侧面,并对角度传感器进行旋转角归零。

[0112] 通过对角度传感器进行归零操作,可以确保角度传感器的数据采集精度,从而确保最终得到的水平旋转角的精度。

[0113] 在本申请的一些实施例中,测斜管内的检测位置可以有多个,相邻两个检测位置之间间隔预设距离。

[0114] 也就是说,在测量过程中,可以针对测斜管内的不同检测位置分别进行测量,以最终得到测斜管整体的扭曲程度。以便能够更加精确地获知测斜管不同分段位置处的水平位移量,监测基坑不同位置处的安全风险程度。

[0115] 在本申请的一些实施例中,角度传感器可以包括两个单轴倾角传感器和一个旋转角传感器,两个单轴倾角传感器垂直布置,一个单轴倾角传感器朝向X轴布置,以采集第一倾斜角,另一个单轴倾角传感器朝向Y轴布置,以采集第二倾斜角,旋转角传感器采集旋转角。

[0116] 在本申请的一些实施例中,角度传感器也可以包括一个双轴倾角传感器和一个旋

转角传感器,双轴倾角传感器沿不同的方向分别采集第一倾斜角与第二倾斜角,旋转角传感器采集旋转角。

[0117] 在本申请的一些实施例中,角度传感器也可以为三轴角度传感器,三轴角度传感器沿不同的方向分别采集第一倾斜角、第二倾斜角与旋转角。

[0118] 如图10所示,本申请一些实施例还提供了一种测量设备,用于实现上述的测量方法。测量设备包括壳体320、角度传感器370、线缆210以及控制器110。壳体320设置有容纳腔;角度传感器370安装在容纳腔内;线缆210一端位于容纳腔内、并与角度传感器370电连接,另一端伸出壳体320外;控制器110与线缆210的另一端电连接。

[0119] 壳体320用于为角度传感器370提供安装空间,以对角度传感器370起到保护作用,使角度传感器370能够置于一个相对独立的空间内。同时,随着壳体320在测斜管内的上下移动,角度传感器370也会随之一起移动,从而实现测斜管不同位置处的角度测量。壳体320可以采用316不锈钢材质,并且可以机加工成型。

[0120] 线缆210在壳体320内安装的角度传感器370与测斜管外的控制器110之间建立通信连接,以使角度传感器370检测到的角度数据能够发送至控制器110进行计算处理,最终得到测斜管对应检测位置处的水平旋转角结果。控制器110接收角度传感器370采集到的角度数据,并且,控制器110可以控制角度传感器370芯片完成归零、实时测量。线缆210可以采用基于RS232形式或者RS484形式的通信线缆210,同时,线缆210包括两根供电线,为角度传感器370提供电能。

[0121] 这样,在对测斜管不同位置处的水平旋转角进行测量时,只需将壳体320置入测斜管内,使角度传感器370随壳体320一起在测斜管内上下移动。而角度传感器370在测斜管特定位置处采集到的角度数据可以通过线缆210发送给控制器110进行计算处理。

[0122] 在本申请的一些实施例中,线缆210外周每隔一段预设距离可以设置有一个标识位置220。

[0123] 通过线缆210外周的标识位置220,可以清楚地获知测量设备在测斜管内的具体位置,从而将角度传感器370检测到的角度数据与测斜管的具体位置关联起来。

[0124] 当线缆210外周上的标识位置220处于测斜管管口位置时,尽量保持10S(秒)的稳定,以完成不同角度的测量。并且,通过重复读取数据,最终取平均值,来确保采集到的角度数据的准确性。另外,在测量时,尽量保持线缆210垂直于基坑水平面。同时,读取数据时,线缆210上的标识位置220每次保持在测斜管管口同一个位置处。

[0125] 在实际情形中,预设距离可以设为500毫米,也可以依据实际情况设为其他长度。

[0126] 在本申请的一些实施例中,容纳腔可以具有开口,壳体320上设置有封闭开口的封装盖板310,封装盖板310上连接有防水接头330,防水接头330与封装盖板310的表面之间设置有密封圈340,线缆210的另一端依次经由封装盖板310与防水接头330穿出。

[0127] 这样,可以打开封装盖板310,快速完成角度传感器370的安装或者更换。封装盖板310与壳体320之间可以通过螺钉等紧固件进行连接。封装盖板310的材质可以为316不锈钢,具备耐腐蚀特性,可以通过机加工成型。另外,封装盖板310与壳体320之间可以通过橡胶圈360实现密封,与防水接头330处的密封圈340配合,可以使得测量设备具备IP68防水等级。

[0128] 而通过设置防水接头330,可以确保容纳腔内所处环境的密封性,以确保角度传感

器370不会受到壳体320外环境的干扰。防水接头330的材质可以为316不锈钢,同时,防水接头330可以采用标准件。

[0129] 在本申请的一些实施例中,壳体320外可以设置有导向装置,导向装置包括与壳体320连接的底座410,与底座410连接的导轮支架430,以及可转动地设置在导轮支架430上的导轮440。

[0130] 导向装置可以为测量设备在测斜管内的移动起到导向作用。导轮440可以与测斜管内的导槽配合,以使角度传感器370的检测方向与测斜管对应位置处的方向保持一致。同时,导轮440可以沿着测斜管内的导槽滚动。另外,底座410可以采用316不锈钢材质,并且,底座410可以通过机加工成型。底座410与壳体320之间的连接可以通过螺栓等紧固件实现。导轮支架430与导轮440均可以采用不锈钢材质,且二者都可以通过机加工成型。

[0131] 在本申请的一些实施例中,导轮支架430与导轮440可以均有多个,多个导轮支架430环绕在底座410外,多个导轮440与多个导轮支架430一一对应设置,任意两个导轮440位于同一平面上或者分别位于两个相互垂直的平面上。

[0132] 这样,可以使底座410外侧的导轮440与测斜管内矩形分布的四个导槽保持对应关系。也就是说,底座410外侧任意的两个导轮440或者处于同一平面上,或者分别位于两个相互垂直的平面上。从而使角度传感器370在测斜管内上下移动时,角度传感器370的方位都与测斜管内的导槽方向相关联。

[0133] 在本申请的一些实施例中,导轮支架430与底座410之间可以设置有弹性件420,导轮支架430与底座410铰接,弹性件420驱使导轮支架430以带动导轮440向远离底座410的方向移动。

[0134] 通过弹性件420的设置,可以对导轮440起到张紧作用,使得测量设备在测斜管内上下移动时,导轮440能够紧贴测斜管内的导槽底壁。从而确保测量设备在测斜管内上下移动时的平稳性。

[0135] 而弹性件420可以为不锈钢材质的扭簧或者弹性片,或者其他具备弹性作用的部件。

[0136] 在完成测量回收测量设备后,可以用水对导轮440扭簧位置处进行冲洗,以保证测量设备下次使用时,导轮440能够正常撑在测斜管内的导槽底壁上。

[0137] 在本申请的一些实施例中,测量设备还可以包括配重件510,配重件510设置在底座410远离壳体320的一侧。

[0138] 配重件510可以为测量设备的整体增加一定的重量,从而使得测量设备能够顺利地在测斜管内完成下放。在实际情形中,配重件510可以采用316不锈钢材质,配重件510可以通过螺栓等紧固件与底座410连接。同时,配重件510可以根据不同的情况进行更换。

[0139] 另外,为了使得测量设备在测斜管内下放过程中起到缓冲减震作用,配重件510远离底座410的一侧可以设置有缓冲件610。

[0140] 缓冲件610可以采用橡胶材料制成,橡胶缓冲件610可以垫在配重件510的底部,并且缓冲件610可以通过螺栓等紧固件与配重件510连接。

[0141] 如图10所示,测量设备整体包括传感器芯片腔体部分,中间导向部分以及底部配重部分。其中,中间导向部分以及底部配重部分可以根据实际使用场景随意进行更换。

[0142] 测量设备在进行测量过程中,可以先将线缆210与控制器110进行连接,再将测试

设备位于X轴方向上的导轮440垂直于基坑进行角度传感器370芯片的旋转角归零操作。进而将测量设备的导轮440沿着测斜管内的十字导槽放入测斜管,并将测量设备的壳体320部分下放至测斜管底部。再手动上拉测量设备的壳体320部分,使线缆210上的标识位置220处于测斜管的管口位置,通过控制器110控制测量设备进行角度测量,得到测斜管在此位置的扭曲角度并记录。

[0143] 这样,在线缆210上的每个标识位置220到达测斜管的管口位置时,均重复进行扭曲角度的测量并记录,直至线缆210上的最后一个标识位置220到达测斜管的管口位置。测量完成后,回收测量设备的壳体320部分,将线缆210与控制器110断开连接并进行测量设备的维护保养。

[0144] 图11示出了测量设备的壳体部分10在测量过程中处于测斜管20内某一位置时的结构,位于壳体部分10的角度传感器通过线缆与位于测斜管20外的控制器建立连接。通过该测量设备,可以在测斜管20内不同检测位置处实现对不同角度的测量。从而通过计算得到测斜管20在不同位置处的水平旋转角信息,以最终得到测斜管20在不同位置处的水平位移量,实现对基坑土体的水平位移量的监测。

[0145] 本领域的普通技术人员可以理解,上述各实施方式是实现本申请的具体实施例,而在实际应用中,可以在形式上和细节上对其作各种改变,而不偏离本申请的精神和范围。

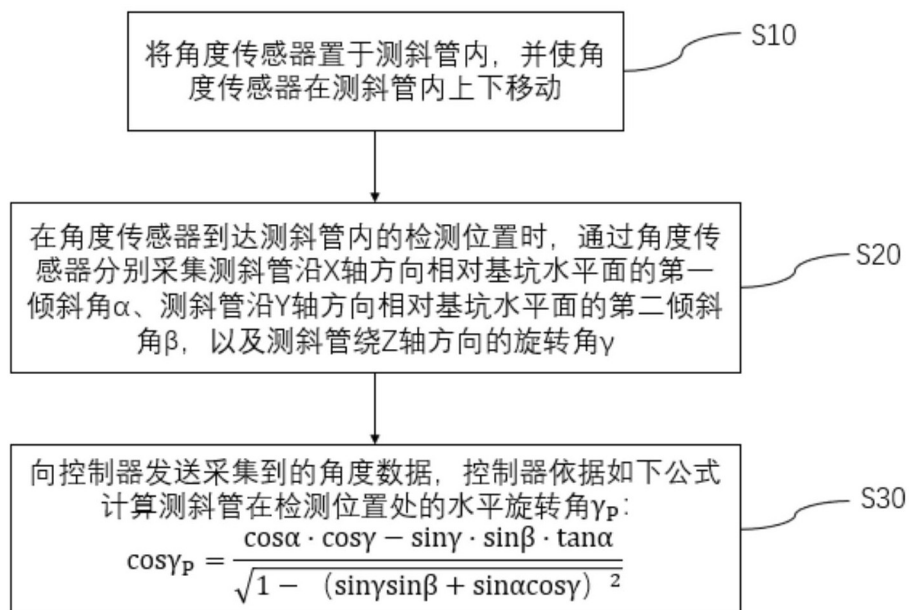


图1

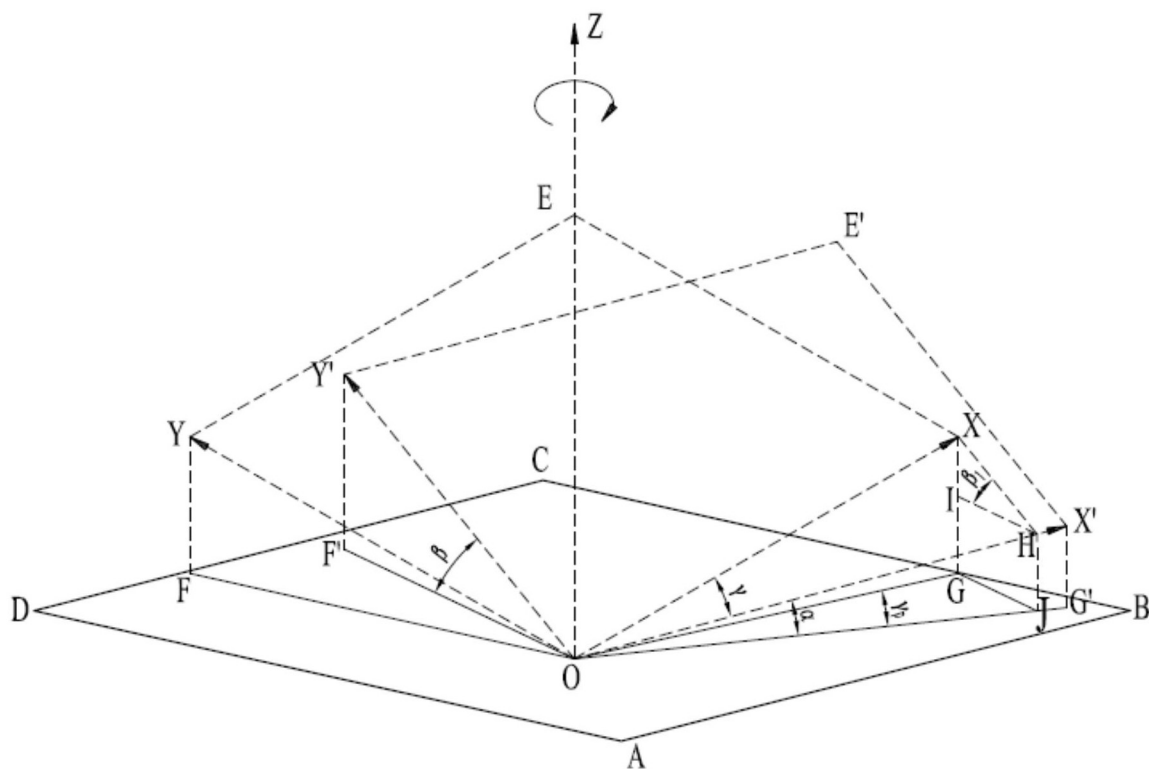


图2

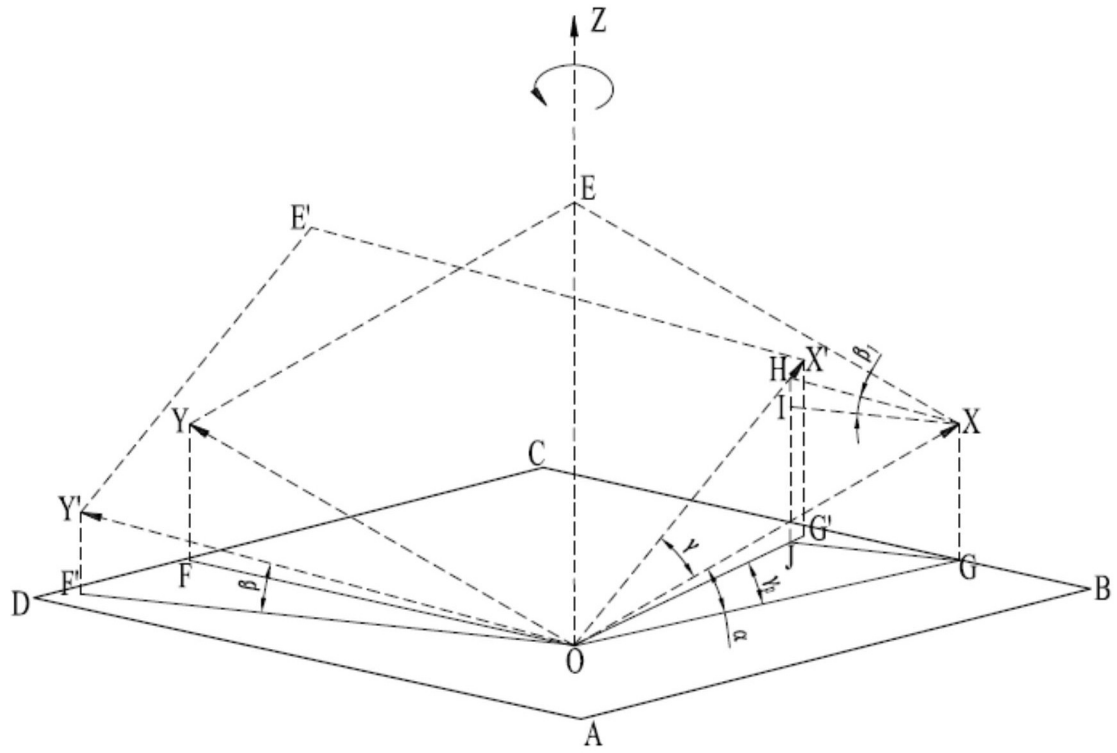


图3

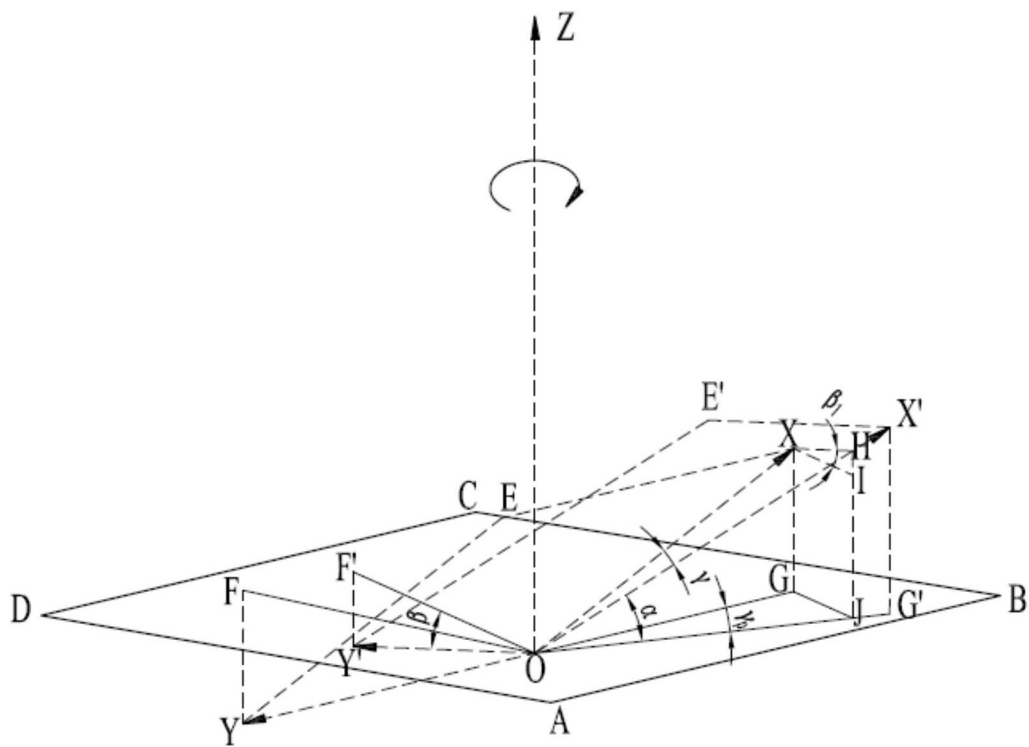


图4

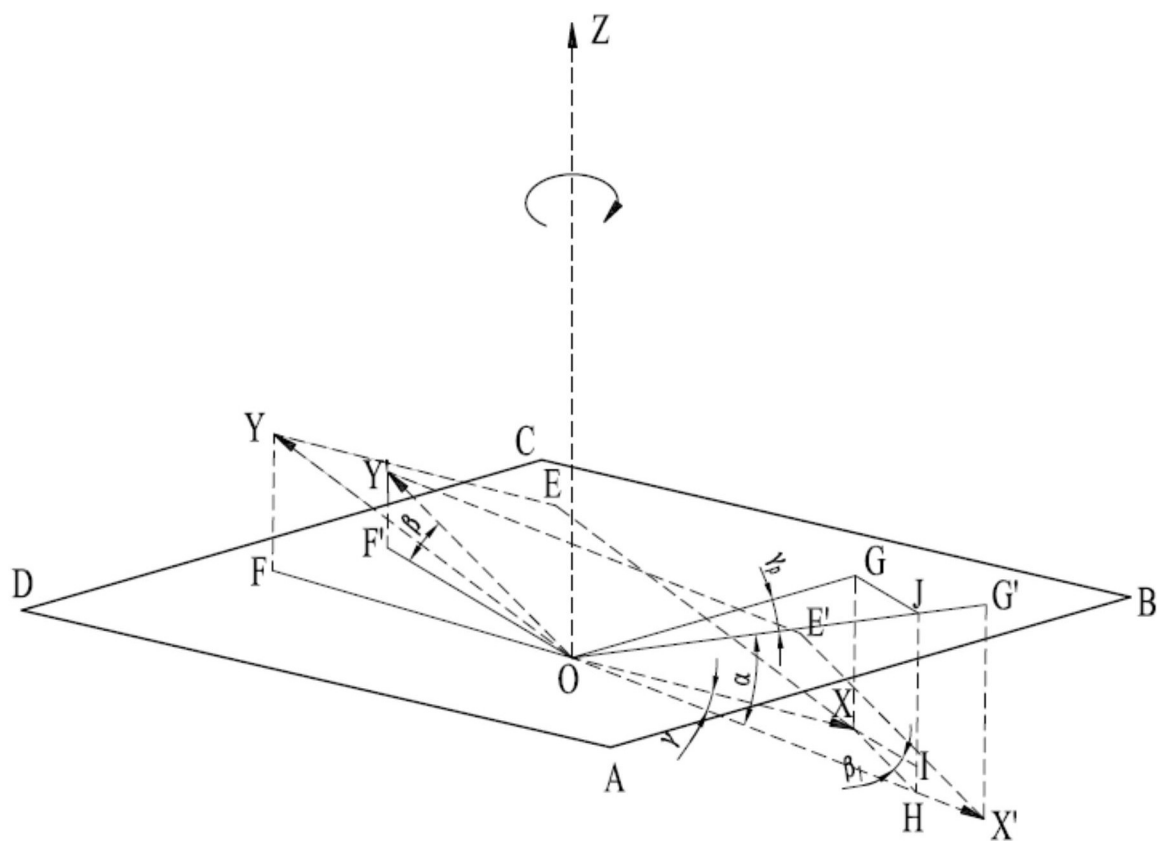


图6

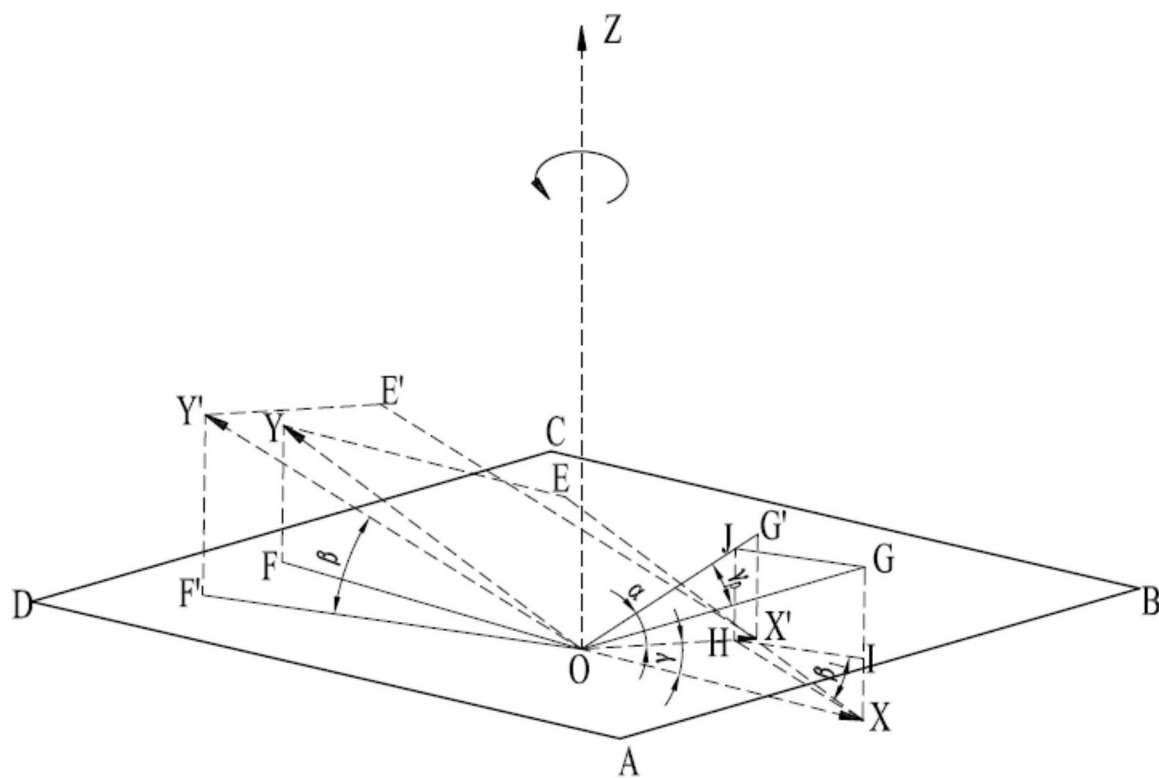


图7

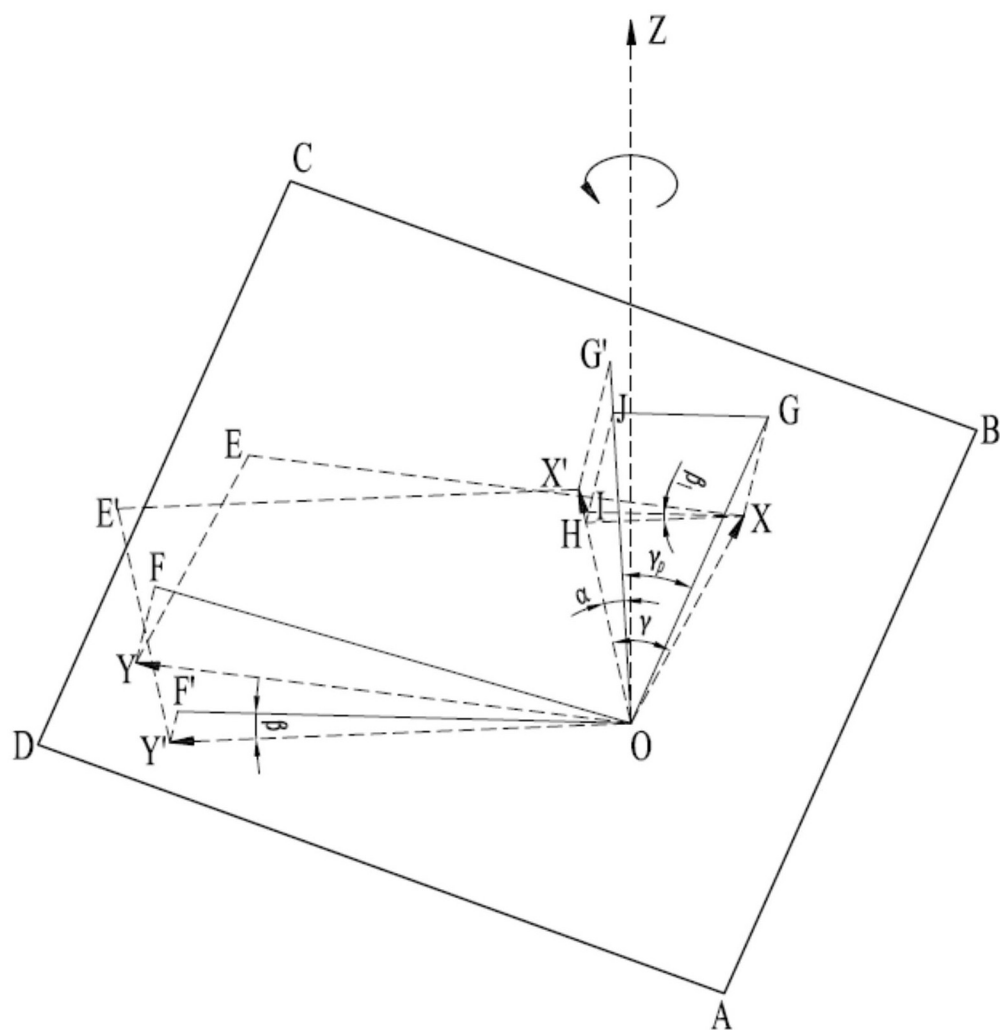


图9

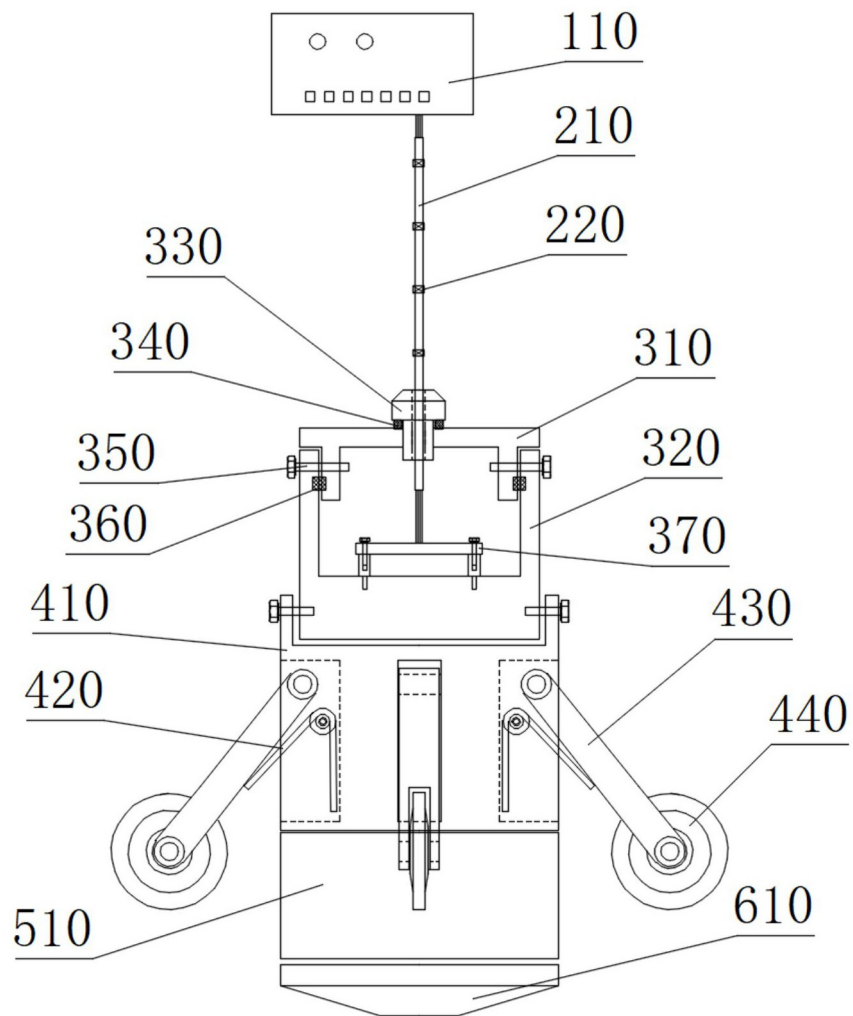


图10

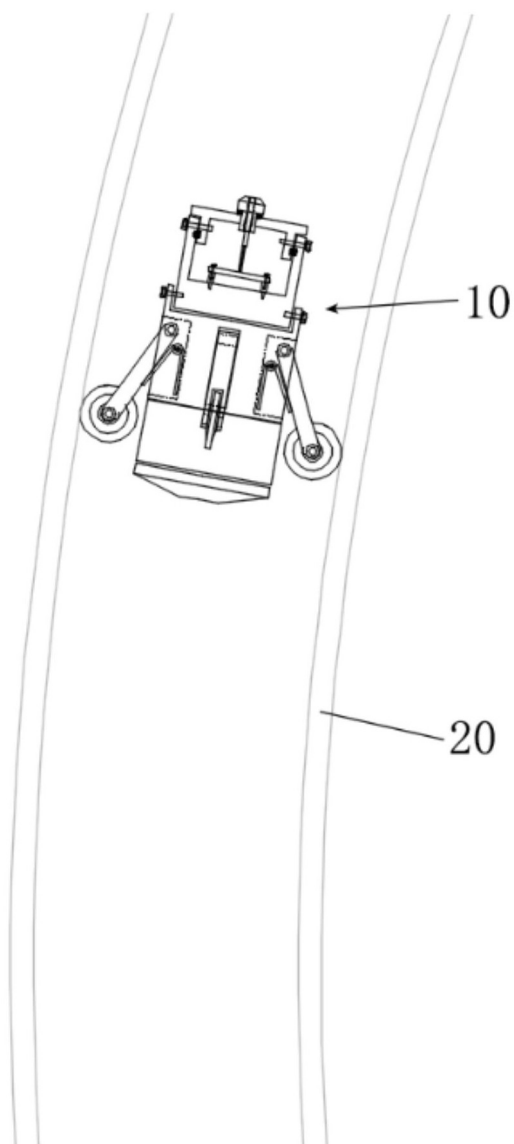


图11