(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107116787 B
(45)授权公告日 2019.04.02

(21)申请号 201710461594.X

(22)申请日 2017.06.16

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107116787 A

(43)申请公布日 2017.09.01

(73)专利权人 浙江大学
地址 310013 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 徐敬华 李俊涛 盛红升 张树有 谭建荣

(74)专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限公司 33224
代理人 何彬

(51)Int.Cl.
B29C 64/118(2017.01)
B29C 64/245(2017.01)
B29C 64/393(2017.01)
B33Y 30/00(2015.01)
B33Y 50/02(2015.01)

(56)对比文件
CN 104057612 A,2014.09.24,
CN 203876240 U,2014.10.15,
CN 104859151 A,2015.08.26,
CN 105328911 A,2016.02.17,
CN 105904736 A,2016.08.31,
CN 204367425 U,2015.06.03,
CN 205661052 U,2016.10.26,
KR 101622054 B1,2016.05.17,

审查员 贾燕

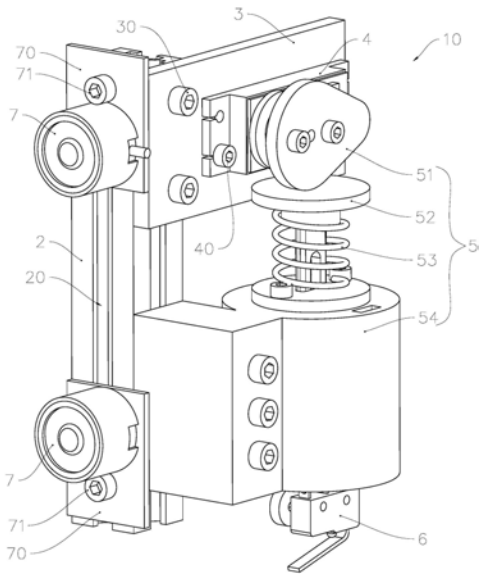
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

一种三维打印平台的调平系统及其测距装置与调平方法

(57)摘要

本发明涉及一种三维打印平台的调平系统及其测距装置与调平方法，属于快速成型技术领域。调平系统包括控制单元、测距装置、打印平台及受控制单元控制的调整单元，调整单元包括三个支撑在在打印平台下方的升降机构；测距装置可拆卸地安装在打印头上，包括舵机、接触触发单元及用于将舵机的转动转换成驱动接触触发单元沿Z轴往复移动的位移转换机构，接触触发单元的触发位置低于打印头的打印喷嘴的下端口；控制单元向舵机输出控制信号，舵机向控制单元输出其角度传感器的检测信号；接触触发单元向舵机的控制器输出触发信号，作为控制舵机的电机反转回程的触发控制信号。该调平系统可自动地对打印平台进行调平，且调平精度高。



CN 107116787 B

1.一种三维打印平台的调平系统，包括三维打印装置及测距装置，所述三维打印装置包括控制单元、打印头及载物台；

所述载物台包括打印平台及受所述控制单元控制的调整单元，所述调整单元包括三个支撑在所述打印平台下方的升降机构，且三个支撑点不共线；

其特征在于：

所述测距装置可拆卸地安装在所述打印头上，包括舵机、接触触发单元及用于将所述舵机的转动转换成驱动所述接触触发单元沿Z轴往复移动的位移转换机构，所述接触触发单元的触发位置低于所述打印头的打印喷嘴的下端口；所述舵机包括机壳、电机、角度传感器、控制器、小径齿轮及舵盘；所述舵盘与所述小径齿轮传动连接，以通过所述小径齿轮接收由所述电机产生的转动位移；所述舵盘构成所述舵机的输出轴；

所述位移转换机构为凸轮机构，所述凸轮机构的凸轮与所述输出轴传动连接，从动件的下端与所述接触触发单元固定连接；

所述控制单元向所述舵机输出控制信号，所述舵机向所述控制单元输出其角度传感器的检测信号；所述接触触发单元向所述舵机的控制器输出触发信号，作为控制所述舵机的电机反转回程的触发控制信号。

2.根据权利要求1所述的调平系统，其特征在于：

所述测距装置通过固设在其机架上的电磁铁与所述打印头可拆卸地固定连接。

3.一种三维打印平台调平用的测距装置，其特征在于，包括舵机、凸轮机构及接触触发单元；

所述舵机包括机壳、电机、角度传感器、控制器、小径齿轮及舵盘；所述舵盘与所述小径齿轮传动连接，以通过所述小径齿轮接收由所述电机产生的转动位移；所述舵盘构成所述舵机的输出轴；

所述凸轮机构的凸轮与所述输出轴传动连接，从动件在其可移动方向上的末端与所述接触触发单元固定连接；

所述接触触发单元向所述舵机的控制器输出接触触发信号，作为控制所述舵机的电机回转的触发信号。

4.根据权利要求3所述的测距装置，其特征在于：

所述接触触发单元为行程开关。

5.根据权利要求3或4所述的测距装置，其特征在于：

所述测距装置的机架上安装有两个作为外连固定端口的电磁铁，两个电磁铁在所述可移动方向上的间距可调。

6.一种三维打印平台的调平方法，其特征在于，包括：

获取步骤，基于权利要求3至4任一项权利要求所述的测距装置，获取打印平台的打印面在三个支撑点处的坐标值$P_1=(x_1,y_1,z_1)$，$P_2=(x_2,y_2,z_2)$，$P_3=(x_3,y_3,z_3)$，并基于获取的坐标值确定打印平台的法向量n_p，所述支撑点为三个支撑在所述打印平台下方的升降机构对所述打印平台的支撑铰接点；

调整步骤，以最高点或最低点P_3为原点建立局部坐标系$P_3-x_3y_3z_3$，获取法向量n_p与$x_3P_3z_3$平面间的夹角α及与$y_3P_3z_3$平面间的夹角φ，并以P_3为定点，调整点P_1、P_2绕y_3轴旋转α角度及绕x_3轴旋转φ角度；

以P_3为定点，调整点P_1、P_2绕y_3轴旋转α角度及绕x_3轴旋转φ角度的步骤包括：

(1)控制点P_1处的升降机构的调整量为

$$\Delta P_1 = \alpha\sqrt{(x_1 - x_3)^2 + (z_1 - z_3)^2}$$

及控制点P_2处的升降机构的调整量为

$$\Delta P_2 = \alpha\sqrt{(x_2 - x_3)^2 + (z_2 - z_3)^2}$$

以获取调整后的点P'_1及P'_2；

(2)调整点P'_1处的升降机构的调整量为

$$\Delta P'_1 = \beta\sqrt{(y_1 - y_3)^2 + \left(d_{p1y3}\sin\left(\tan^{-1}\frac{z_1 - z_3}{x_1 - x_3} + \alpha\right)\right)^2}$$

及调整点P'_2处的升降机构的调整量为

$$\Delta P'_2 = \beta\sqrt{(y_2 - y_3)^2 + \left(d_{p2y3}\sin\left(\tan^{-1}\frac{z_2 - z_3}{x_2 - x_3} + \alpha\right)\right)^2}$$

以获取调平后的打印平台；

其中，

$$d_{p1y3} = \sqrt{(x_1 - x_3)^2 + (z_1 - z_3)^2},$$

$$d_{p2y3} = \sqrt{(x_2 - x_3)^2 + (z_2 - z_3)^2}。$$

7.根据权利要求6所述的调平方法，其特征在于，采用权利要求4所述的测距装置进行测量，获取打印平台的打印面在三个支撑点处的坐标值的步骤包括：

控制打印头在X-Y平面内移动至点P_1、P_2、P_3的正上方处，获取坐标值中的x、y值，驱动舵机转动以驱动行程开关向下移动直至被触发，获取坐标值中z值。

8.根据权利要求6所述的调平方法，其特征在于，在所述调整步骤之前及所述获取步骤之后，还包括判断步骤：

获取法向量n_p与Z轴间夹角的较小者，若该较小者大于预设阈值，则进行所述调整步骤；反之结束调平进程，且该打印平台处于水平状态。

一种三维打印平台的调平系统及其测距装置与调平方法

技术领域

[0001] 本发明涉及快速成型技术领域，具体地说，涉及一种对三维打印装置打印平台进行调平的调平系统及其测距装置与调平方法。

背景技术

[0002] 三维打印装置，是一种基于三维物体的数字模型，利用成型材料，通过逐层打印的方式构建出三维物体的设备。

[0003] 如图1所示，是一种以成型丝的形式向打印头05供给成型材料的三维打印装置，在卷盘02上缠绕有成型丝03，将该卷盘02安装至三维打印装置的卷盘安装架的转轴01上，从而可实现将成型丝03提供给打印头05。在使用过程中，将成型丝03从卷盘02上拉出，使被拉直的成型丝通过由摩擦阻力较小的材料制成的软导管04，直至将成型丝供给至打印头05上由电机055驱动的送料主动轮053及送料从动轮054，在送料主动轮053与送料从动轮054的夹紧驱动下，成型丝03进入电加热器051，成型丝在电加热器051内，经加热成熔融状态的成型材料在后续成型丝推动下，从设于电加热器051末端的打印喷嘴052挤出并沉积于打印平台06上；该三维打印装置的控制器通过控制打印头05在水平的X-Y平面内运动，同时控制打印平台06在垂直的Z向运动，以逐层的打印出预定三维物体。

[0004] 在其打印三维物体的过程中，首层切片层的打印质量非常重要，不仅需保证初始打印时打印头与打印平台06件的距离小于切片层的层厚，通常为0.1毫米至0.2毫米，还需保证打印平台06的打印面的法向沿打印头05的坐标系的Z轴布置。

[0005] 因此，在开始打印前，需对打印平台06相对打印头05的空间位置进行手动调平，通常为利用水平仪对打印平台06的水平状态进行测量，并通过调节设于打印平台06下方的调节机构的螺栓，以期实现调平，不仅调节过程复杂，而且制造误差及摆放位置关系，导致打印头运动构成坐标系的X-Y平面与水平面存在很大的差别，难以获取期望的调平效果。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种三维打印平台的调平系统，以提高调平精度及其自动化程度；

[0007] 本发明的另一目的是提供一种上述调平系统用的测距装置；

[0008] 本发明的再一目的是提供一种三维打印平台的调平方法，以将打印平台的法向调至沿打印头坐标系中的Z轴方向布置。

[0009] 为了实现上述目的，本发明提供的三维打印平台调平系统包括三维打印装置及测距装置，三维打印装置包括控制单元及载物台；载物台包括打印平台及受控制单元控制的调整单元，调整单元包括三个支撑在在打印平台下方的升降机构，且三个支撑点不共线；测距装置可拆卸地安装在打印头上，包括舵机、接触触发单元及用于将舵机的转动转换成驱动接触触发单元沿Z轴往复移动的位移转换机构，接触触发单元的触发位置低于打印头的打印喷嘴的下端口；控制单元向舵机输出控制信号，舵机向控制单元输出其角度传感器的

检测信号;接触触发单元向舵机的控制器输出触发信号,作为控制舵机的电机反转回程的触发控制信号。

[0010] 在工作过程中,通过可拆卸地安装在打印头上的测距装置测量打印平台打印面在三个支撑点处的坐标值,从而便于后续通过控制升降机构对打印平台位置的调整,以达到调平目的;且在在完成调平后,可将测距装置从打印头上拆卸,以防测距装置随打印头在打印过程中受振动而使其固定位置产生变动,影响后续调平精度,且可在打印过程中避免与打印出的三维物体产生干涉。此外,通过舵机驱动接触触发单元实现Z轴方向上位置的检测,可有效地提高测距精度。

[0011] 具体的方案为位移转换机构为凸轮机构,凸轮机构的凸轮与舵机的输出轴传动连接,从动件的下端与接触触发单元固定连接。通过舵机角度传感器获取凸轮的角度位移,而从动件在弹簧恢复力的作用下与凸轮紧贴,二者相结合,可有效地避免现有技术中回程误差的出现与累积。

[0012] 优选的方案为测距装置通过固设在其机架上的电磁铁与打印头可拆卸地固定连接。便于测距装置与打印头的固定连接与拆卸。

[0013] 为了实现上述另一目的,本发明提供的测距装置包括舵机、凸轮机构及接触触发单元;凸轮机构的凸轮与舵机的输出轴传动连接,从动件在其可移动方向上的末端与接触触发单元固定连接;接触触发单元向舵机的控制器输出接触触发信号,作为控制舵机的电机回转的触发信号。通过触发单元获取回程信号,即接触式测量,可有效地提高测距精度;同时,通过舵机角度传感器获取凸轮的角度位移,而从动件在弹簧恢复力的作用下与凸轮紧贴,可有效地避免现有技术中的回程误差的出现与累积。

[0014] 具体的方案为接触触发单元为行程开关。

[0015] 优选的方案为测距装置的机架上安装有两个作为外连固定端口的电磁铁,两个电磁铁在可移动方向上的间距可调。便于将测距装置可拆卸地安装到三维打印装置的打印头上的同时,更好匹配不同型号的三维打印装置。

[0016] 为了实现上述再一目的,本发明提供的三维打印平台调平方法包括获取步骤与调整步骤;获取步骤包括获取打印平台的打印面在三个支撑点处的坐标值$P_1=(x_1,y_1,z_1)$,$P_2=(x_2,y_2,z_2)$,$P_3=(x_3,y_3,z_3)$,并基于获取的坐标值确定打印平台的法向量n_p,支撑点为三个支撑在所述打印平台下方的升降机构对打印平台的支撑铰接点;调整步骤包括以最高点或最低点P_3为原点建立局部坐标系$P_3-x_3y_3z_3$,获取法向量n_p与$x_3P_3z_3$平面间的夹角α及与$y_3P_3z_3$平面间的夹角φ,并以P_3为定点,调整点P_1、P_2绕y_3轴旋转α角度及绕x_3轴旋转φ角度。

[0017] 通过角度调整方法,可更好地将打印平台打印面的法向调整至与打印头坐标系中Z轴相匹配,以达到更好的调平效果。

[0018] 具体的方案为以P_3为定点,调整点P_1、P_2绕y_3轴旋转α角度及绕x_3轴旋转φ角度的步骤包括:

[0019] (1)控制点P_1处的升降机构的调整量为

[0020] $$\Delta P_1=\alpha\sqrt{(x_1-x_3)^2+(z_1-z_3)^2}$$

[0021] 及控制点P_2处的升降机构的调整量为

[0022] $$\Delta P_2=\alpha\sqrt{(x_2-x_3)^2+(z_2-z_3)^2}$$

[0023] 以获取调整后的点P_1'及P_2'；

[0024] (2)调整点P_1'处的升降机构的调整量为

[0025] $$\Delta P_1' = \beta\sqrt{(y_1-y_3)^2+\left(d_{p1y3}\sin\left(\tan^{-1}\frac{z_1-z_3}{x_1-x_3}+\alpha\right)\right)^2}$$

[0026] 及调整点P_2'处的升降机构的调整量为

[0027] $$\Delta P_2' = \beta\sqrt{(y_2-y_3)^2+\left(d_{p2y3}\sin\left(\tan^{-1}\frac{z_2-z_3}{x_2-x_3}+\alpha\right)\right)^2}$$

[0028] 以获取调平后的打印平台；

[0029] 其中，

[0030] $$d_{p1y3}=\sqrt{(x_1-x_3)^2+(z_1-z_3)^2},$$

[0031] $$d_{p2y3}=\sqrt{(x_2-x_3)^2+(z_2-z_3)^2}。$$

[0032] 另一个具体的方案为采用上述测距装置进行测量，获取打印平台的打印面在三个支撑点处的坐标值的步骤包括：控制打印头在X-Y平面内移动至点P_1、P_2、P_3的正上方处，获取坐标值中的x、y值，驱动舵机转动以驱动行程开关向下移动直至被触发，获取坐标值中z值。

[0033] 优选的方案为在调整步骤之前及获取步骤之后，还包括判断步骤：获取法向量n_p与Z轴间夹角的较小者，若该较小者大于预设阈值，则进行所述调整步骤；反之结束调平进程，且该打印平台处于水平状态。通过判断步骤前置，以避免对已处于调平好状态的打印平台执行不必要的调整步骤。

附图说明

[0034] 图1为现有一种三维打印装置的结构示意图；

[0035] 图2为本发明实施例中测距装置的立体图；

[0036] 图3为本发明实施例中测距装置的结构分解图；

[0037] 图4为本发明实施例中载物台的立体图；

[0038] 图5为本发明实施例中判断步骤的过程示意图；

[0039] 图6为本发明实施例中调平步骤的过程示意图。

具体实施方式

[0040] 以下结合实施例及其附图对本发明作进一步说明。

[0041] 实施例

[0042] 参见图2至图4，本三维打印平台的自动调平系统包括三维打印装置及测距装置10，三维打印装置包括控制单元、打印头及载物台11，该载物台11包括打印平台12及受控制单元控制的调整单元。

[0043] 参见图2及图3，本测距装置10包括机架2、安装板3、舵机4、凸轮机构5、行程开关6及两个电磁铁7。

[0044] 机架2为一型材结构，电磁铁7的安装板70通过固定螺栓71固定在机架2上，固定螺栓71可沿工字槽20滑动，从而使两个电磁铁7之间的间距可调。并通过两个电磁铁7将整个测距装置10可拆卸地安装到打印头上。

[0045] 安装板3通过两个固定螺栓30固定在机架2上，且可通过调节固定螺栓30在工字槽21内的位置而调节安装板3的位置。

[0046] 舵机4通过固定螺栓40固定在安装板3上，其包括机壳41、电机、角度传感器、控制器、小径齿轮42及舵盘43，舵盘43与小径齿轮42传动连接，从而通过小径齿轮接收由电机产生的转动位移，舵盘42构成本实施例中舵机4的输出轴。在本实施例中，所采用舵机4的参数为：死区4μs，最大脉宽为500-2500μs，最大角度为295°，电压范围4.8V-6.6V，速度在4.8V时为0.25s/60°，在6.6V时为0.21s/60°，扭力在4.8V时为19.9kg·cm，在6.6V时为25.3kg·cm，输出齿数为25。

[0047] 凸轮机构5构成将舵机4输出的转动式位移转化为行程开关6沿竖向移动位移的位移转换机构，包括凸轮51、从动件52、复位弹簧53及机架54。

[0048] 凸轮51通过固定螺钉510固定在舵机4的舵盘42上。

[0049] 从动件52包括接收盘521及T型传递板件522，T型传递板件522包括竖向板件部523及横向板件部524，竖向板件部523设有沿其长度方向布置的竖向导槽525，横向板件部524设有沿其长度方向布置的横向安装槽526。

[0050] 机架54包括安装座540及导向座541，安装座540通过固定螺栓543固定在机架2上，且其沿机架2的型材结构在竖向上的位置可调。导向座541为一T型圆台结构，其上设有沿竖向布置且与竖向板件部523相配合的导孔。

[0051] T型传递板件522的竖向板件部523的上端穿过导向座541上的导孔后插入设于接收盘521下端部上的安装孔内并与之固定连接，弹簧53套于竖向板件部523外且压于导向座541与接收盘521间，即弹性恢复力迫使接收盘521远离导向座541。当然了，可将导向槽525的上端设置为开口端而在安装540的内孔或导向座541的导孔内设置与导向槽525相配合的导杆。

[0052] 行程开关6通过螺钉固定在横向板件部524上，且通过调节螺钉在横向安装526内的位置而调节行程开关6横向上的安装位置。

[0053] 参见图4，调整单元包括三个部分在打印平台12上的升降机构13，一个位于一边缘部的中部位置处，另两个位于相对另一边缘部的中部位置处，三个支撑点构成P_1、P_2、P_3构成一等腰三角形，即三者不共线，升降机构13包括调节螺母14、调节螺杆15、联轴器16及步进电机17；在本实施例中，联轴器16为十字滑块联轴器。调节螺母14与打印平台12固定连接，步进电机17通过联轴器16带动调节螺杆15转动而驱动调节螺母14沿其在竖向往复移动，从而带动打印平台12的该支撑点处在竖向上位置的调整，即沿z轴方向的位移。

[0054] 其中，三维打印装置的控制单元向舵机4的控制器输出控制信号，而舵机4的控制器将舵机4的角度传感器的检测信号输出给控制单元，行程开关6构成本实施例中的接触触发单元，其向舵机4的控制器输出触发信号，该触发信号作为舵机4的电机反转回程的触发控制信号。

[0055] 上述调平系统的调平方法包括获取步骤S1、判断步骤S2及调整步骤S3。

[0056] 获取步骤S1，参见图4及图5，通过测距装置10测得三角形$P_1P_2P_3$的三个顶点坐标P_1

$=(x_1,y_1,z_1)$，$P_2=(x_2,y_2,z_2)$，$P_3=(x_3,y_3,z_3)$，即获取三个不共线测量点P_1、P_2、P_3在打印头坐标系中的坐标值，在本实施例中，点P_1、P_2、P_3为三个升降机构13与打印平台12的支撑铰接点在其打印平面上的正交投影位置点，此外，可以在三个点处设置标定凸起结构，如柱体，从而在测量过程调整定位。具体获取过程为：控制打印头在x-y平面内移动至任意三点P_1、P_2、P_3的正上方，以获取三个测量点坐标值中的x、y轴的值，并驱动舵机4转动以驱动行程开关6向下移动直至被触发，获取三个测量点坐标值中z轴的值。且当行程开关6接触到打印平台时，舵机继续旋转至行程开关6被触发，从而向舵机4的控制器发送触发信号，控制器在接收到该触发信号，控制电机回转而控制从动件5回程运动至预定高度位置，从而可进行下点坐标值的测量。

[0057] 基于获取P_1、P_2、P_3点的坐标值获取打印平台打印面的法向量为：

[0058] $$n_p=\overrightarrow{P_1P_2}\times\overrightarrow{P_1P_3}=\begin{pmatrix}x_2-x_1\\y_2-y_1\\z_2-z_1\end{pmatrix}\times\begin{pmatrix}x_3-x_1\\y_3-y_1\\z_3-z_1\end{pmatrix}$$

[0059] 判断步骤S2，打印头坐标系中的z轴方向向量为$n_Z=(0,0,1)^T$，则两向量的夹角可以表示为：

[0060] $$\theta=\cos^{-1}\left(\frac{n\cdot n_Z}{|n||n_Z|}\right)$$

[0061] 即表示Z轴与打印平面法向的夹角，当该夹角小于预设阈值时，表示二者的平行度在可接受误差范围内，若大于该预设阈值，则表示需要进行调平过程，即进行下述调整步骤S3。

[0062] 调整步骤S3，参见图6，首先确定三点中的最高点或最低点P_3，以点P_3为原点建立局部水平坐标系P_3-$x_3y_3z_3$，并将打印平台的法向量n_p分别向$x_3P_3z_3$平面和$y_3P_3z_3$平面进行正交投影，可得到平台的法向量n_p相对两坐标平面的夹角α和φ。调平时，将平台中的点P_1、P_2先绕y_3轴旋转α角度，即图中所示的①方向，获取图中未示出调整后的法向n'_p，使得到n'_p与其在$y_3P_3z_3$的平面正交投影重合，再绕x_3轴旋转φ角，即图中所示②方向，获取图中未示出调整后的法向n''_p，使得n''_p与z_3方向重合就可完成调平。具体过程如下：

[0063] n_p在y_3的正交投影向量为：

[0064] $$n_{py3}=|n_p|\cos\langle n_p,\ y_3\rangle=\frac{|n_p||y_3|\cos\langle n_p,\ y_3\rangle}{|y_3|}$$

$$=|n_p||y_3|\cos\langle n_p,\ y_3\rangle=n_p\cdot y_3$$

[0065] 同理可知n_p在x_3的正交投影向量为：

[0066] $n_{px3}=n_p\cdot x_3$

[0067] 在z_3的正交投影向量为：

[0068] $n_{pz3}=n_p\cdot z_3$

[0069] 其中，x_3，y_3，z_3分别是三个坐标轴的单位方向向量。

[0070] 可知：

[0071] $$\alpha = \tan^{-1}\frac{n_{px3}}{n_{pz3}}$$

[0072] $$\beta = \tan^{-1}\frac{n_{py3}}{n_{pz3}}$$

[0073] 坐标系P_3-$x_3y_3z_3$下，三个支撑点的坐标为：

[0074] $P_1=(x_1-x_3, y_1-y_3, z_1-z_3)^T$，

[0075] $P_2=(x_2-x_3, y_2-y_3, z_2-z_3)^T$，

[0076] $P_3=(0,0,0)^T$

[0077] 调整过程为：

[0078] 第一步：调整平台绕y_3轴旋转α角度的过程为：以P_3为定点，调整P_2和P_1绕y_3轴旋转α：

[0079] 点P_1与y_3轴的距离为：

[0080] $$d_{p1y3} = \sqrt{(x_1 - x_3)^2 + (z_1 - z_3)^2}$$

[0081] 点P_1的丝杠进给调整量为：

[0082] $$\Delta P_1 = d_{p1y3}\alpha = \sqrt{(x_1 - x_3)^2 + (z_1 - z_3)^2}\tan^{-1}\frac{n_{px3}}{n_{pz3}}$$

[0083] 此时，调整后得到P_1'的坐标为：$$\left(d_{p1y3}\cos\left(\tan^{-1}\frac{z_1-z_3}{x_1-x_3}+\alpha\right), y_1 - y_3, d_{p1y3}\sin\left(\tan^{-1}\frac{z_1-z_3}{x_1-x_3}+\alpha\right)\right)^T$$

[0084] 点P_2与y_3轴的距离为：

[0085] $$d_{p2y3} = \sqrt{(x_2 - x_3)^2 + (z_2 - z_3)^2}$$

[0086] 则P_2的丝杠进给调整量为：

[0087] $$\Delta P_2 = d_{p2y3}\alpha = \sqrt{(x_2 - x_3)^2 + (z_2 - z_3)^2}\tan^{-1}\frac{n_{px3}}{n_{pz3}}$$

[0088] 此时，调整后得到P_2'的坐标为：$$\left(d_{p2y3}\cos\left(\tan^{-1}\frac{z_2-z_3}{x_2-x_3}+\alpha\right), y_2 - y_3, d_{p2y3}\sin\left(\tan^{-1}\frac{z_2-z_3}{x_2-x_3}+\alpha\right)\right)^T$$

[0089] 第二步：调整平台绕x_3轴旋转β角度的过程为：以P_3为定点，调整P_2'和P_1'绕x_3轴旋转β：

[0090] 点P_1'与x_3轴的距离为：

[0091] $$d_{p_1'x3} = \sqrt{(y_1 - y_3)^2 + \left(d_{p1y3}\sin\left(\tan^{-1}\frac{z_1 - z_3}{x_1 - x_3}+\alpha\right)\right)^2}$$

[0092] 点P_1'的丝杠进给调整量为：

$$\Delta P_1' = d_{p_1'x3}\beta$$

[0093]
$$= \sqrt{(y_1 - y_3)^2 + \left(d_{p1y3}\sin\left(\tan^{-1}\frac{z_1 - z_3}{x_1 - x_3} + \alpha\right)\right)^2}\tan^{-1}\frac{n_{py3}}{n_{pz3}}$$

[0094] 点P_2'与x_3轴的距离为：

[0095]
$$d_{p_2'x3} = \sqrt{(y_2 - y_3)^2 + \left(d_{p2y3}\sin\left(\tan^{-1}\frac{z_2 - z_3}{x_2 - x_3} + \alpha\right)\right)^2}$$

[0096] 点P_2'的丝杠进给调整量为：

$$\Delta P_2' = d_{p_2'x3}\beta =$$

[0097]
$$\sqrt{(y_2 - y_3)^2 + \left(d_{p2y3}\sin\left(\tan^{-1}\frac{z_2 - z_3}{x_2 - x_3} + \alpha\right)\right)^2}\tan^{-1}\frac{n_{py3}}{n_{pz3}}。$$

[0098] 上述实施例只为说明本发明的技术构思及特点，其目的在于让熟悉此项技术的人士能够了解本发明的内容并据以实施，并不能以此限制本发明的保护范围。凡根据本发明精神实质所作的等效变化或修饰，都应涵盖在本发明的保护范围之内。

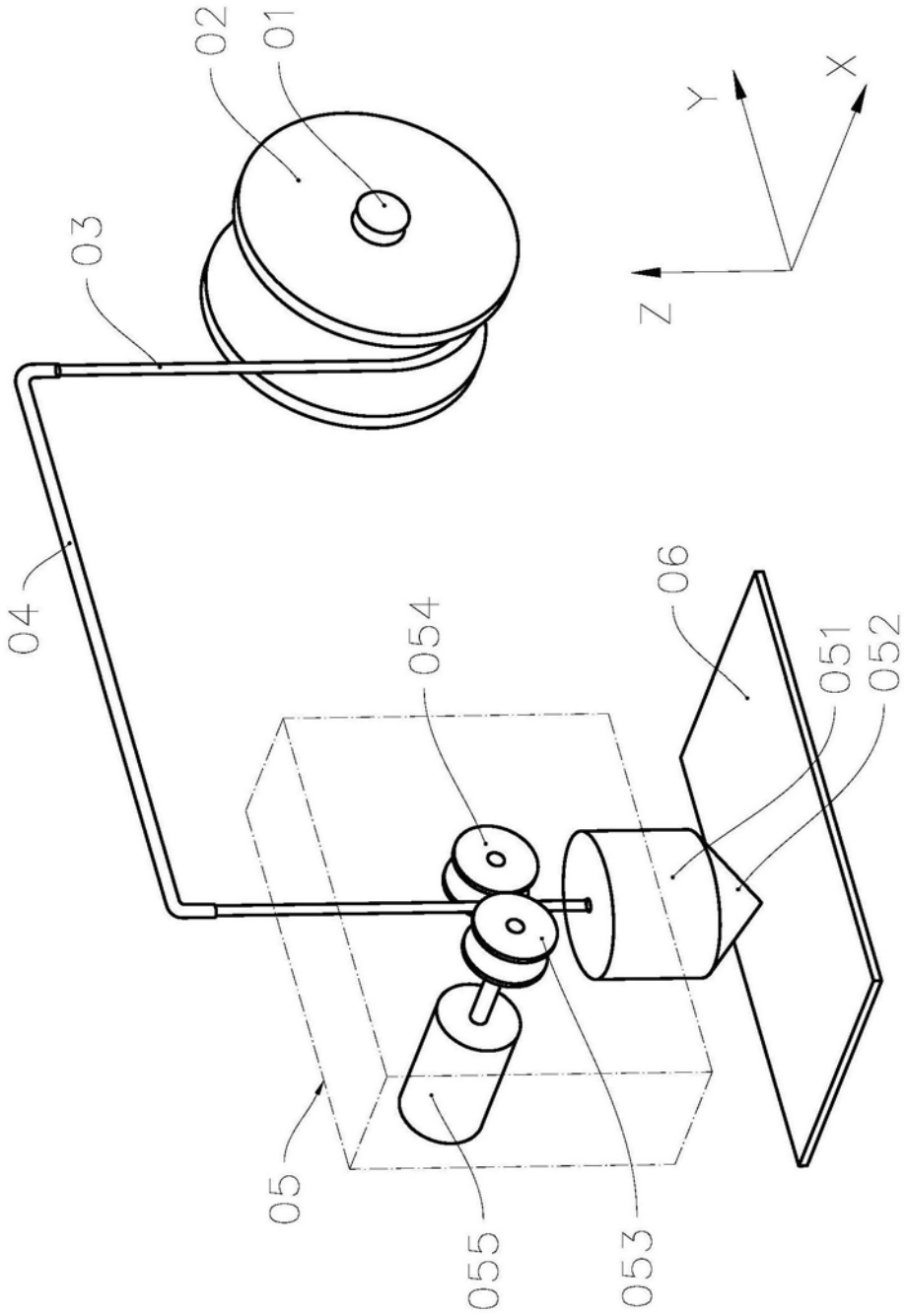


图1

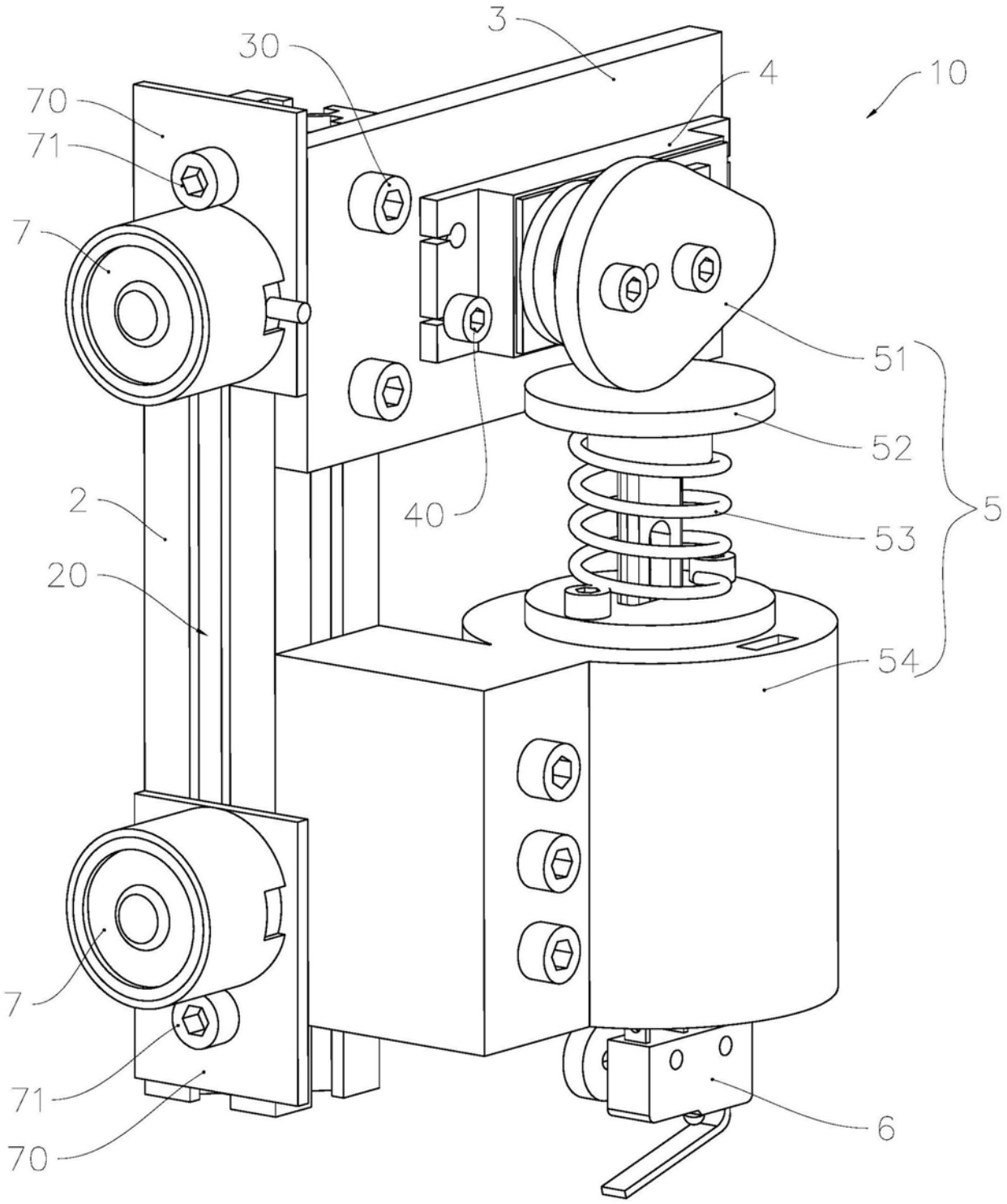


图2

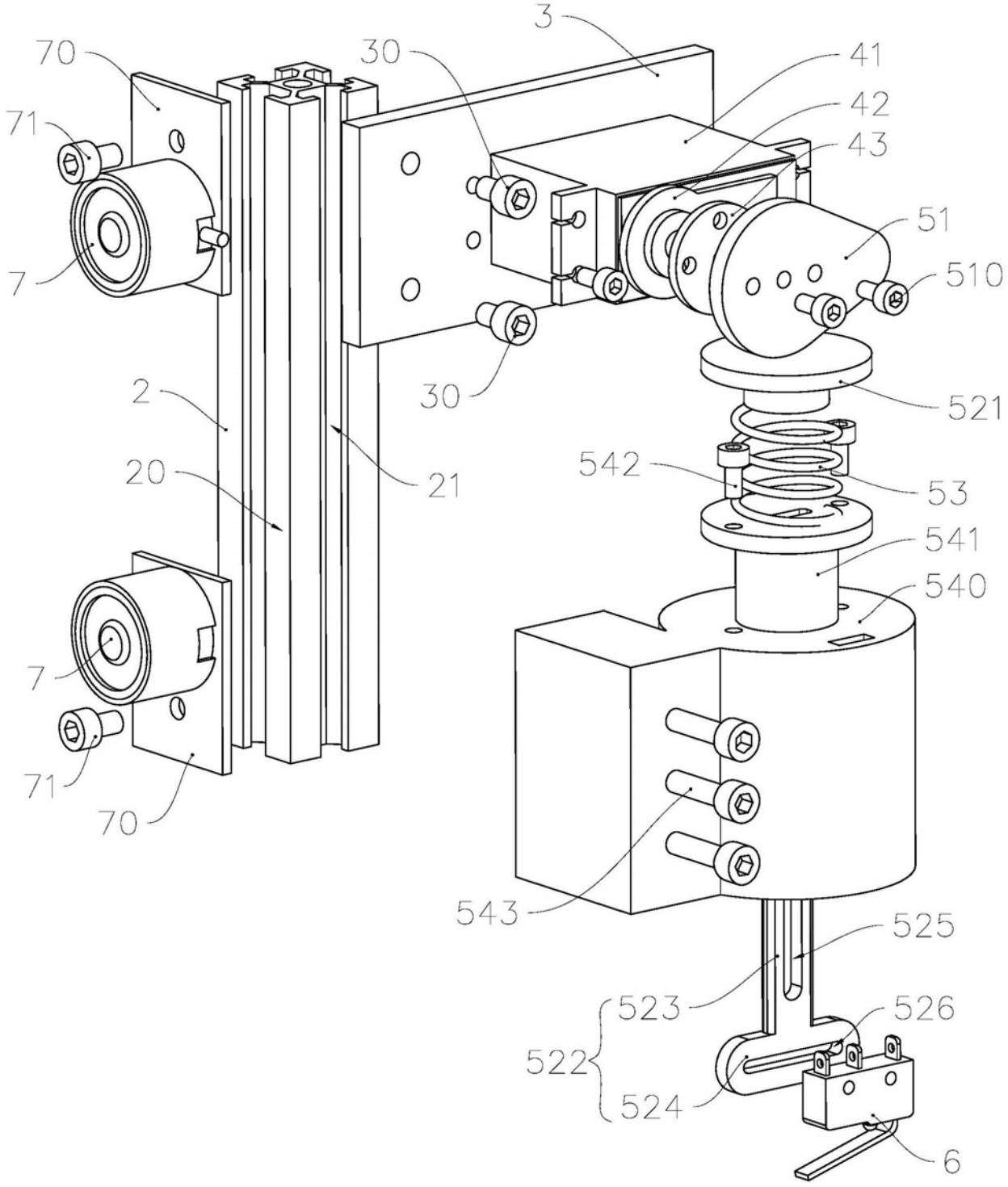

3
70
30
41
71
42
43
51
7
510
30
2
521
542
20
21
53
541
540
7
71
70
543
525
523
526
522
524
6

图3

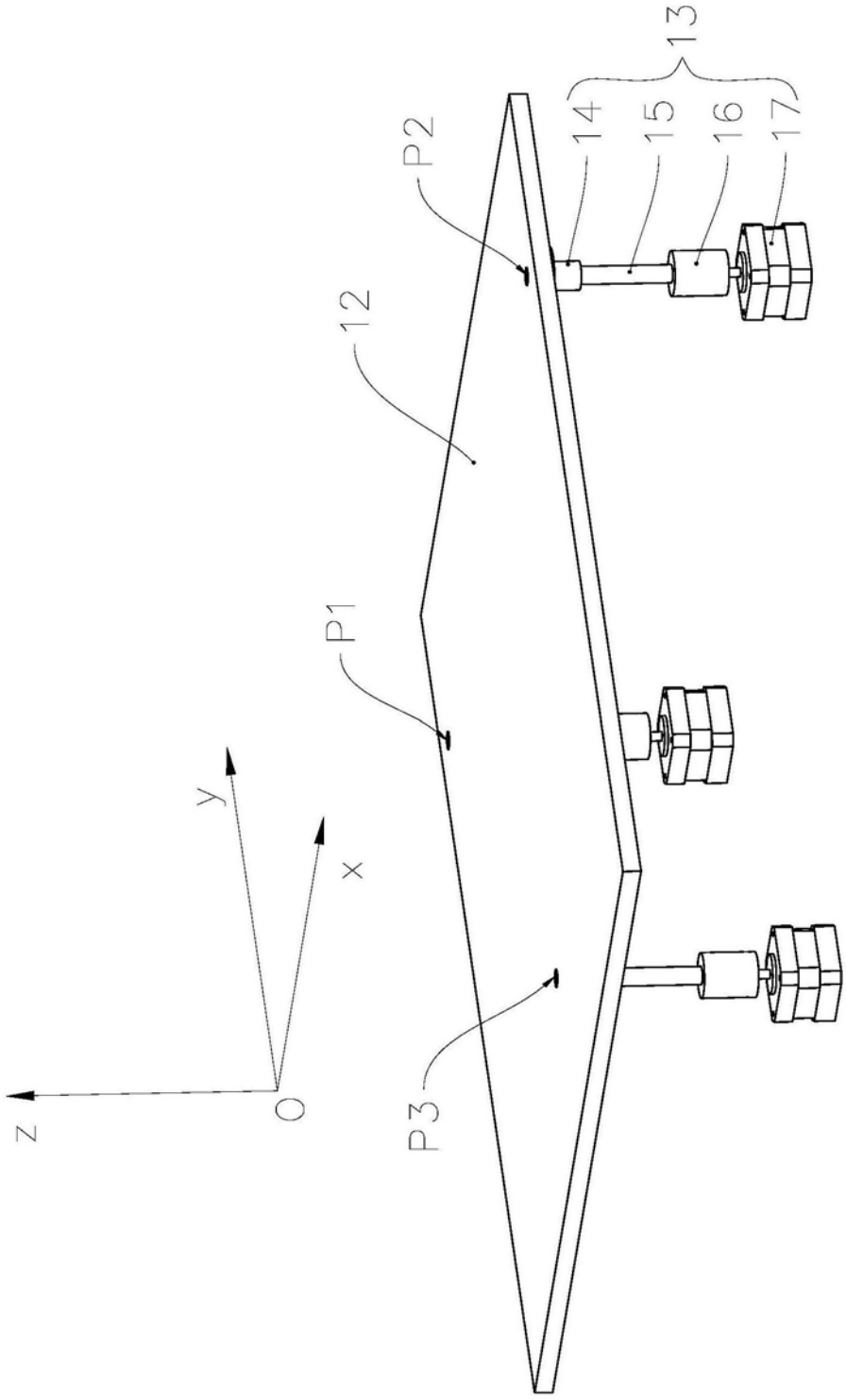


图4

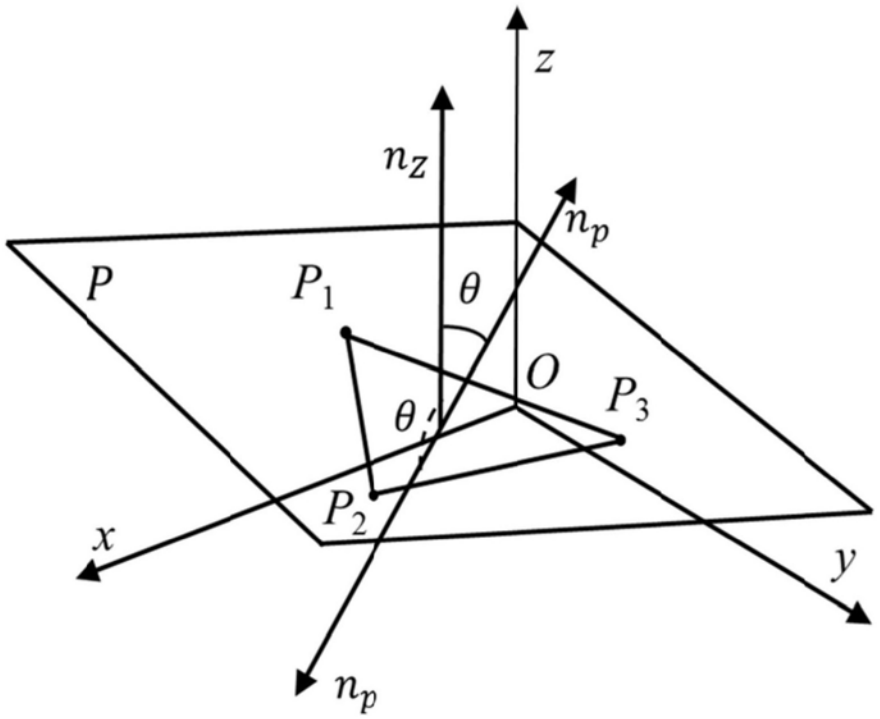

z
n_Z
n_p
P
P_1
θ
O
P_3
θ'
P_2
x
y
n_p

图5

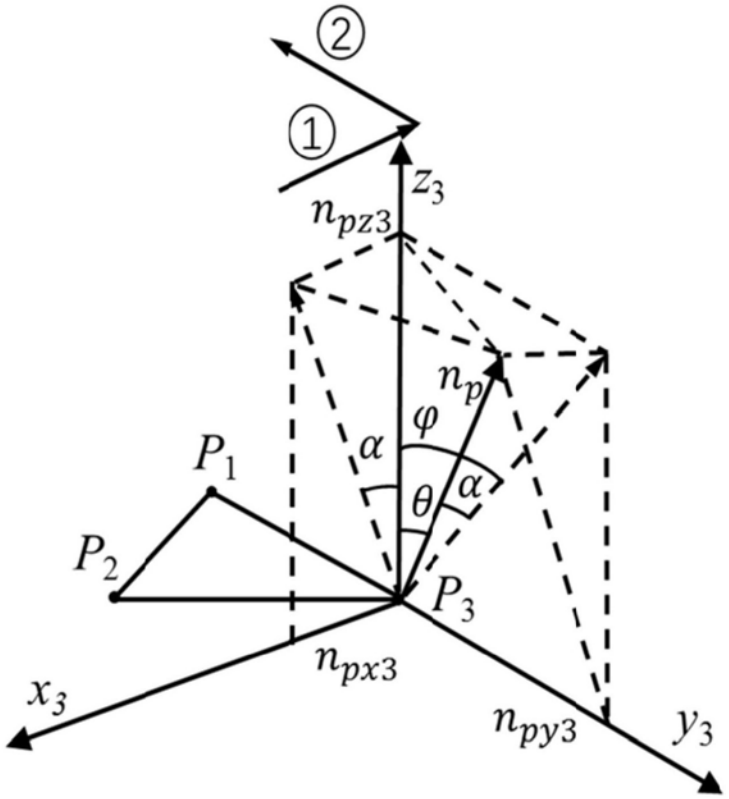

②
①
z_3
n_{pz3}
n_p
φ
α
P_1
θ
α
P_2
P_3
n_{px3}
x_3
n_{py3}
y_3

图6