



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107588929 B

(45)授权公告日 2020.06.05

(21)申请号 201710692567.3

(22)申请日 2017.08.14

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107588929 A

(43)申请公布日 2018.01.16

(73)专利权人 天津大学
地址 300072 天津市南开区卫津路92号

(72)发明人 黄战华 蔡怀宇 丁蕾 陈勃昊
刘堃

(74)专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代
理事务所 12201

代理人 刘国威

(51)Int.Cl.

G01M 11/02(2006.01)

G03B 21/56(2006.01)

(56)对比文件

CN 1608212 A,2005.04.20,

CN 1815357 A,2006.08.09,

CN 105787920 A,2016.07.20,

CN 103630761 A,2014.03.12,

JP 2002341475 A,2002.11.27,

US 2002/0009699 A1,2002.01.24,

郭成玉等.半球幕几何校正与标定方法的研究.《计算机工程》.2011,第37卷(第2期),第281-283页.

审查员 徐丽华

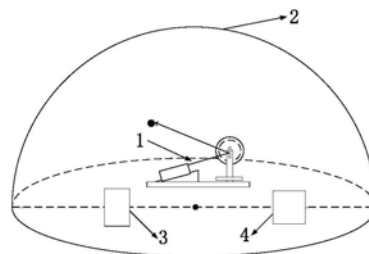
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

球幕投影/跟踪系统标定方法及标定器

(57)摘要

本发明涉及球幕投影/跟踪技术领域,为提出一种球幕投影/跟踪系统标定方法及标定器,可以完成球幕球心的快速标定,实现投射系统、投影\命中系统与球幕的精确标定方法,并且设计出实现该方法的标定器.有效解决目前球幕投影/跟踪系统标定精度低,难度大的问题.而且该标定方法和标定器可以推广到其他包含多子系统的系统,具有较高的实用性和适用性.本发明采用的技术方案是,球幕投影/跟踪系统标定方法步骤如下:(1)完成球幕球心坐标标定和半径测量;(2)利用最小二乘法拟合计算出球幕球心在标定器坐标系下的坐标 (X_0, Y_0, Z_0) ;(3)完成投射系统的坐标标定(4)完成投影/跟踪系统的坐标标定.本发明主要应用于球幕投影/跟踪场合。



1. 一种球幕投影/跟踪系统标定方法,其特征是,步骤如下:

(1) 完成球幕球心坐标标定和半径测量:水平工作台置于球幕球心附近,将标定器固定在水平工作台上,旋转标定器的二维旋转定角单元可以控制平面镜的法向量,激光测距仪通过平面镜后可以在球幕上投射出激光光斑,光斑的位置由俯仰角旋转定位转盘、方位角旋转定位转盘和激光测距仪直接读出,得到光斑在以标定器作为坐标原点的坐标系下的球坐标,转换成对应的直角坐标 (X_i, Y_i, Z_i) , 调整二维旋转定角单元在球幕上投射不同的激光光斑,设在标定器坐标系下球幕球心的坐标为 (X_0, Y_0, Z_0) , 球幕球心与标定器打在球幕上的点 P_i 的对应关系为: $(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2 + (Z_i - Z_0)^2 = R^2$ (1)

(2) R 为球幕半径;

(3) 由式(1),利用最小二乘法拟合计算出球幕球心在标定器坐标系下的坐标 (X_0, Y_0, Z_0) , 从而在以球幕球心为坐标原点的坐标系下,标定器的坐标则表示为 $(-X_0, -Y_0, -Z_0)$;

(4) 完成投射系统的坐标标定:得到投射系统与所述标定器的位置关系后间接推导出投射系统与球幕球心的位置关系,即得到投射系统中心在球幕坐标系下的坐标;

(5) 完成投影/跟踪系统的坐标标定:得到投影/跟踪系统与所述标定器的位置关系后间接推导从而求出投影/跟踪系统与球幕球心的位置关系,即得到投影/跟踪系统中心在球幕坐标系下的坐标。

2. 一种球幕投影/跟踪系统标定器,其特征是,包括二维旋转定角单元、激光测距单元及安装基准槽,其中所述二维旋转定角单元包括俯仰角旋转定位转盘和方位角旋转定位转盘,在俯仰角旋转定位转盘和方位角旋转定位转盘固定角度位置上打孔,俯仰角旋转定位转盘和方位角旋转定位转盘的旋转轴垂直安装,同时过二维旋转定角单元轴心安装平面反射镜,激光测距单元主要功能由激光测距仪出射激光束通过所述平面反射镜反射后进行测距,所述激光测距仪固定在可以二维微调的三角平台上,三角平台可以调整出射激光光斑打在所述反射镜上的位置,通过微调,保证所述激光光斑打在所述反射镜的中心,也就是所述二维旋转定角单元的轴心,安装基准槽用来固定激光测距单元和二维旋转定角单元,同时方便携带固定。

3. 如权利要求2所述的球幕投影/跟踪系统标定器,其特征是,所述安装基准槽上有固定所述三角平台和俯仰角旋转定位转盘和方位角旋转定位转盘的设计,设计通过理论计算能够实现所述出射激光光斑打在所述平面反射镜中心位置。

4. 如权利要求2所述的球幕投影/跟踪系统标定器,其特征是,方位角旋转定位圆盘上打孔的个数能够保证反射的激光测距角方位为 $0 \sim \pm 90^\circ$, 俯仰角旋转定位圆盘上打孔的个数能够保证反射的激光测距角方位为 $0 \sim 90^\circ$ 同时实现可以在大尺寸球幕上测量 ≥ 6 个位置。

5. 如权利要求2所述的球幕投影/跟踪系统标定器,其特征是,还包括底座、水平工作台、伸缩X轴装置、水平横梁、投射系统和投影系统;其中标定器固定在水平工作台,水平工作台和水平横梁设置在底座上,两者平行;伸缩X轴装置设置在水平横梁上。

球幕投影/跟踪系统标定方法及标定器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种坐标转换领域,特别适用于球幕投影/跟踪系统中球幕系统、投射系统和投影/跟踪系统的高精度融合标定。具体讲,涉及球幕投影/跟踪系统标定方法及标定器。

背景技术

[0002] 球幕投影/跟踪技术是一种新兴的展示技术,它打破了以往投影目标只能在规则平面的局限。展示出高分辨率、大视角范围的精确演示效果,给观众带来超强临场真实感和空间感,目前广泛应用于球幕电影、虚拟显示、半实物仿真技术等。但在实际应用中,由于球幕投影/跟踪系统包含多个功能单元,个系统的各个工作子系统均处在不同的空间位置和数据层次水平。但是需要依据同一个坐标系和数据层次进行控制或者性能参数评测,因此需要进行频繁的坐标系转换,满足不同子系统和单元的工作需求。所以需要提前完成功能模块与球幕的坐标标定,标定方法和精度直接影响到整个系统的投影/跟踪效果。所以,对标定方法和具体的标定器的研究显得尤为重要。

[0003] 其中,针对于坐标测量标定方法,目前大多采用成熟的测量仪器,如三坐标测量机、全站仪测量系统、激光扫描测量系统等,三坐标测量机属于接触式测量,不易对准特征点;全站仪一般需要合作目标(棱镜或反射片)才能测距,所以它无法直接测量目标点;激光扫描测量系统可以获取海量的点云数据,适用于实体的三维建模,但是瞄准特征点的精度低。由于球幕投影/跟踪系统是由多个功能模块组成,每个模块形状、大小不一,对应的坐标位置关系复杂,甚至难以直接确定。所以在球幕投影/跟踪系统直接使用以上成熟的测量仪器进行标定,结果误差较大甚至无法测量。

发明内容

[0004] 为克服现有技术的不足,本发明旨在提出一种球幕投影/跟踪系统标定方法及标定器,可以完成球幕球心的快速标定,实现投射系统、投影\命中系统与球幕的精确标定方法,并且设计出实现该方法的标定器。有效解决目前球幕投影/跟踪系统标定精度低,难度大的问题。而且该标定方法和标定器可以推广到其他包含多子系统的系统,具有较高的实用性和适用性。本发明采用的技术方案是,球幕投影/跟踪系统标定方法步骤如下:

[0005] (1) 完成球幕球心坐标标定和半径测量:水平工作台置于球幕球心附近,将标定器固定在水平工作台上,旋转标定器的二维旋转定角单元可以控制平面镜的法向量,激光测距仪通过平面镜后可以在球幕上投射出激光光斑,光斑的位置由俯仰角旋转定位转盘、方位角旋转定位转盘和激光测距仪直接读出,得到光斑在以标定器作为坐标原点的坐标系下的球坐标,转换成对应的直角坐标 (X_i, Y_i, Z_i) , 调整二维旋转定角单元在球幕上投射不同的激光光斑,设在标定器坐标系下球幕球心的坐标为 (X_0, Y_0, Z_0) , 球幕球心与标定器打在球幕上的点 P_i 的对应关系为: $(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2 + (Z_i - Z_0)^2 = R^2$ (1)

[0006] R为球幕半径;

[0007] (2) 由式(1), 利用最小二乘法拟合计算出球幕球心在标定器坐标系下的坐标 (X_0, Y_0, Z_0) , 从而在以球幕球心为坐标原点的坐标系下, 标定器的坐标则表示为 $(-X_0, -Y_0, -Z_0)$;

[0008] (3) 完成投射系统的坐标标定: 得到投射系统与所述标定器的位置关系后间接推导出投射系统与球幕球心的位置关系, 即得到投射系统中心在球幕坐标系下的坐标。

[0009] (4) 完成投影/跟踪系统的坐标标定: 得到投影/跟踪系统与所述标定器的位置关系后间接推导从而求出投影/跟踪系统与球幕球心的位置关系, 即得到投影/跟踪系统中心在球幕坐标系下的坐标。

[0010] 一个实例中, 将标定器固定在水平工作台上, 利用标定器在球幕上均匀投射 n 个激光点, 同时直接在标定器上读取点的对应激光点对应的坐标为 $P_i(S_i, \theta_i, \varphi_i)$, $i = 1, 2, 3, \dots, n$, 转换成对应直角坐标系坐标为 $P_i(X_i, Y_i, Z_i)$, $i = 1, 2, 3, \dots, n$; 球幕球心 $O(X_0, Y_0, Z_0)$ 与标定器打在球幕上的点 P_i 存在如下的对应关系:

[0011] $(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2 + (Z_i - Z_0)^2 = R^2$, R 为球幕半径;

[0012] 使用最小二乘法拟合计算出对应的球幕球心坐标 O , 完成标定器1与球幕2的标定, 标定器的坐标则表示为 $(-X_0, -Y_0, -Z_0)$ 。

[0013] 球幕投影/跟踪系统标定器, 包括二维旋转定角单元、激光测距单元及安装基准槽, 其中所述二维旋转定角单元包括俯仰角旋转定位转盘和方位角旋转定位转盘, 在俯仰角旋转定位转盘、方位角旋转定位转盘固定角度位置上打孔, 俯仰角旋转定位转盘、方位角旋转定位转盘的旋转轴垂直安装, 同时过二维旋转结构轴心安装平面反射镜, 激光测距单元主要功能由激光测距仪出射激光束通过所述平面反射镜反射后进行测距, 所述激光测距仪固定在可以二维微调的三角平台上三角平台可以调整出射激光光斑打在所述反射镜上的位置, 通过微调, 保证所述激光光斑打在所述反射镜的中心, 也就是所述二维旋转结构的轴心, 安装基准槽用来固定激光测距单元和二维旋转定角单元, 同时方便携带固定。

[0014] 所述安装基准槽上有固定所述三角平台和俯仰角旋转定位转盘、方位角旋转定位转盘的设计, 设计通过理论计算能够实现所述出射激光光斑打在所述平面镜8中心位置。

[0015] 方位角旋转定位转盘上打孔的个数能够保证反射的激光测距角方位为 $0 \sim \pm 90^\circ$, 俯仰角旋转定位转盘上打孔的个数能够保证反射的激光测距角方位为 $0 \sim 90^\circ$ 同时实现可以在大尺寸球幕上测量 ≥ 6 个位置。

[0016] 还包括底座、水平工作台、伸缩X轴装置、水平横梁、投射系统和投影系统; 其中标定器固定在水平工作台, 水平工作台和水平横梁设置在底座上, 两者平行; 伸缩X轴装置设置在水平横梁上。

[0017] 本发明的特点及有益效果是:

[0018] 本发明能同时完成角度的测定和确定角度对应距离的测定, 标定使用时, 只在所述标定方向进行激光测距, 俯仰角和方位角作为标定器的工作常数, 不需要每次都进行精密的转动角度测量设备, 制作成本低, 使用方便且精度较高。通过测量球幕上6点的坐标, 运用最小二乘法计算实现球幕球心的快速标定。

附图说明:

[0019] 图1为球幕投影/跟踪系统示意图。

[0020] 图2为标定器的结构示意图

[0021] 图3为球幕投影/跟踪系统标定方法示意图

[0022] 图4为标定器完成球幕球心标定方法的示意图。

[0023] 图5为投影/跟踪系统标定方法示意图。

[0024] 图6为投射系统标定方法示意图。

[0025] 其中:1标定器,2球幕,3投射系统,4投影/跟踪系统,5激光测距仪,6方位角旋转定位转盘、7俯仰角旋转定位转盘、8平面反射镜、9三角平台、10安装基准槽、11定位销、12底座、13水平工作台、14伸缩X轴、15水平横梁。

具体实施方式

[0026] 本发明的技术方案是:

[0027] 为了验证整个跟踪/投影系统对应的性能,在以投射/投影作为观察者坐标,在观察者坐标系下给出制定航迹点坐标 (X_r, Y_r, Z_r) , 转换成投射坐标系下的坐标,完成投射系统在球幕上的投射,跟踪/投影系统探测到球幕上的光斑的位置,转换成以自身坐标系下的坐标信息进行对应的二次投射。完成对应坐标转换功能关键在于子系统与球幕球心相对坐标的提前测量。利用标定器现场进行球幕球心的标定和半径的测量,同时标定器作为辅助工具,完成球幕投影/跟踪系统中各个子系统与标定器的位置关系测量,从而求出整个系统与球幕的标定关系,实现球幕投影/跟踪系统整个系统的标定。具体的标定方法包括:

[0028] (1) 完成球幕球心坐标标定和半径测量。水平工作台置于球幕球心附近,将标定器固定在水平工作台上,旋转标定器的二维旋转定角单元可以控制平面镜的法向量,激光测距仪通过平面镜后可以在球幕上投射出激光光斑,光斑的位置可以由俯仰角旋转定位转盘、方位角旋转定位转盘和激光测距仪直接读出,得到光斑在以标定器作为坐标原点的坐标系下的三维坐标,转换成对应的直角坐标 (X_i, Y_i, Z_i) , 调整二维旋转定角单元可以在球幕上投射不同的激光光斑。设在标定器坐标系下球幕球心的坐标为 (X_0, Y_0, Z_0) , 球幕球心与标定器打在球幕上的点 P_i 的对应关系为: $(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2 + (Z_i - Z_0)^2 = R^2$ (R 为球幕半径)。根据该式子利用最小二乘的方法可以拟合计算出球幕球心在标定器坐标系下的坐标 (X_0, Y_0, Z_0) , 从而在以球幕球心为坐标原点的坐标系下,标定器中心的坐标就可以表示为 $(-X_0, -Y_0, -Z_0)$ 。

[0029] (2) 完成投射系统的坐标标定:得到投射系统在所述标定器坐标系下的坐标 (X_p, Y_p, Z_p) , 后间接推导出投射系统与球幕球心的位置关系,即得到投射系统中心在球幕坐标系下的坐标 $(X_p - X_0, Y_p - Y_0, Z_p - Z_0)$ 。

[0030] (3) 完成投影/跟踪系统的坐标标定:得到投影/跟踪系统在所述标定器坐标系下的坐标 (X_t, Y_t, Z_t) , 后间接推导从而求出投影/跟踪系统与球幕球心的位置关系,即得到投影/跟踪系统中心在球幕坐标系下的坐标 $(X_t - X_0, Y_t - Y_0, Z_t - Z_0)$ 。

[0031] 根据以上方法就可以得到球幕跟踪/投影系统整个系统的坐标转换关系。

[0032] 本发明的标定器包括二维旋转定角单元、激光测距单元及安装基准槽。其中所述二维旋转定角单元包括俯仰角旋转定位转盘、方位角旋转定位转盘,在俯仰角旋转定位转盘、方位角旋转定位转盘固定角度位置上打孔。俯仰角旋转定位转盘、方位角旋转定位转盘的旋转轴垂直安装,同时过二维旋转结构轴心安装平面反射镜。激光测距单元主要功能由激光测距仪出射激光束通过所述平面反射镜反射后进行测距。所述激光测距仪固定在可以

二维微调的三角平台上三角平台可以调整出射激光光斑打在所述反射镜上的位置,通过微调,保证所述激光光斑打在所述反射镜的中心,也就是所述二维旋转结构的轴心。安装基准槽用来固定激光测距单元和二维旋转定角单元,同时方便携带固定。

[0033] 激光测距仪的激光束通过所述反射镜反射后进行测距。目标到旋转中心反射点的距离S等于测距距离L减去测距仪参考点到反射中心点的距离 L_0 。而 L_0 是固定不变的,可以事先精密测量,作为工作常数保存。

[0034] 所述标定器加工之后,旋转定位圆盘上的孔的角度先用精密角度编码器完成测定,作为工作常数保存。锥形定位销保证每次重复的定位精度。

[0035] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。如图1至图5所示,为本发明的球幕投影/跟踪系统标定方法和标定器。标定器1包括激光测距单元、二维旋转定角单元和安装基准槽。激光测距单元和二维旋转定角单元安装在安装基准槽上。二维旋转定角单元包括俯仰角旋转定位转盘6和方位角旋转定位转盘7,两个旋转轴垂直安装。过所述的二维旋转结构轴心安装平面反射镜8。激光测距单元由激光测距仪出射激光束通过平面反射镜反射后进行测距。激光测距仪5固定在可以二维微调的三角平台9,其可以调整出射激光光斑打在反射镜8上的位置,通过微调,保证所述激光光斑打在所述反射镜8的中心,也就是所述二维旋转结构的轴心。

[0036] 优选地,所述安装基准槽上有固定所述三角平台9和方位角旋转定位转盘的设计。设计通过理论计算能够实现所述出射激光光斑打在所述平面镜8中心位置。

[0037] 优选地,方位角旋转定位转盘6上打孔的个数能够保证反射的激光测距角方位为 $0 \sim \pm 90^\circ$,俯仰角旋转定位转盘7上打孔的个数能够保证反射的激光测距角方位为 $0 \sim 90^\circ$ 同时实现可以在大尺寸球幕上测量 ≥ 6 个位置。

[0038] 优选地,所述激光测距仪5测距范围满足空间测量的要求,能够进行室外测量。

[0039] 优选地,本实施例还包括底座12、水平工作台13、伸缩X轴14、水平横梁15、投射系统3和投影系统4。其中标定器1固定在水平工作台13,水平工作台13和水平横梁15设置在底座上,两者平行。伸缩X轴14设置在水平横梁上。

[0040] 本实施例的工作原理在于:实际使用中球幕球心是未知的或者是投影/跟踪系统无法直接得到子系统与球幕球心的位置关系,标定器的使用就是作为中间的一个转换,目的就是得到投射系统、投影跟踪系统与球幕球心的位置关系。如图3至图6所示,将标定器1固定在水平工作台13上,利用标定器1在球幕2上均匀打6个点,能够通过标定器1上得到投射激光点在标定器坐标系下的坐标,每个投射点对应的坐标为 $P_i(S_i, \theta_i, \varphi_i)$, $i = 1, 2, 3, \dots, n$ (n 为打点个数),转换成对应直角坐标系坐标为 $P_i(X_i, Y_i, Z_i)$, $i = 1, 2, 3, \dots, n$ 。在标定器坐标系下,球幕球心坐标 $O(X_0, Y_0, Z_0)$ 与标定器1打在球幕2上的点 P_i 存在如下的对应关系:

[0041] $(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2 + (Z_i - Z_0)^2 = R^2$ (R 为球幕半径)

[0042] 求解方程组计算出对应的球幕球心 O 在标定器坐标系下的坐标 (X_0, Y_0, Z_0) ,完成标定器1与球幕2的标定,得到标定器原点与球幕球心的位置关系,那么标定器中心 B 在以球幕球幕球心 O 为坐标原点的坐标系下的坐标为即为 $(-X_0, -Y_0, -Z_0)$ 。

[0043] 投影/跟踪系统4一般都包括探测设备,主要为影像传感器,这里我们就使用影像传感器完成对应的标定。将投影系统对准标定器1的俯仰角旋转定位转盘7,调整X轴使聚焦

清晰,调整投影系统的Y,Z位置,使得俯仰角旋转定位转盘7总是处于投影系统的探测传感器的视场中,沿俯仰角旋转定位转盘7均匀分布取圆环的8段圆弧,同样,用最小二乘法拟合圆盘中心 $V_0(y,z)$,即为投影系统的位置。 O 和 V_0 都是建立在测量机的机器坐标系内,从而可以获得相应的位置。在测量过程中投影系统获取的数据建立在以投影系统中心为坐标原点的投影坐标系内,这些数据的坐标加上反射镜中心和俯仰角旋转定位转盘7球心的位置关系后,就转换到标定器坐标系,对应了投影/跟踪系统坐标原点在标定器坐标系下的坐标 (X_t, Y_t, Z_t) 。

[0044] 同样,在坐标测量机中移动投射系统3,保证投射系统转动相应的二维角度可以将投射点直接投射在标定器的中心,也就是激光测距仪5打在平面反射镜上的位置,那么投射点的坐标就对应标定器1中心在投射系统3坐标系下的坐标,也对应了投射系统坐标原点在标定器坐标系下的坐标 (X_p, Y_p, Z_p) 。

[0045] 以标定器坐标系为过渡,就可以实现球幕2、投射系统3和投影系统4之间的位置关系,即投影/跟踪系统、投射系统在以球幕球心为坐标原点的坐标系下的坐标分别为: $(X_t - X_0, Y_t - Y_0, Z_t - Z_0)$ 、 $(X_p - X_0, Y_p - Y_0, Z_p - Z_0)$,就完成了三个坐标系的统一,完成整个系统的闭环设计。

[0046] 此外,每种系统标定都可以多次标定,可以使用多组结果的平均值作为最终的标定结果,提高标定精度。

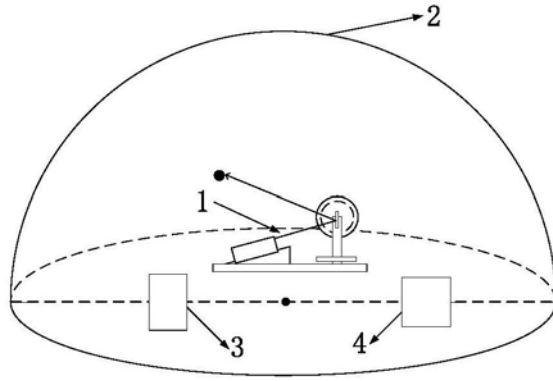


图1

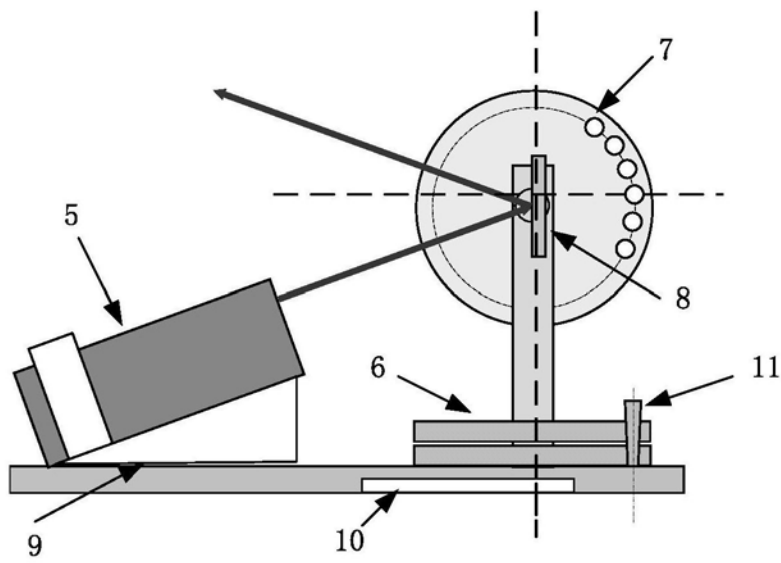


图2

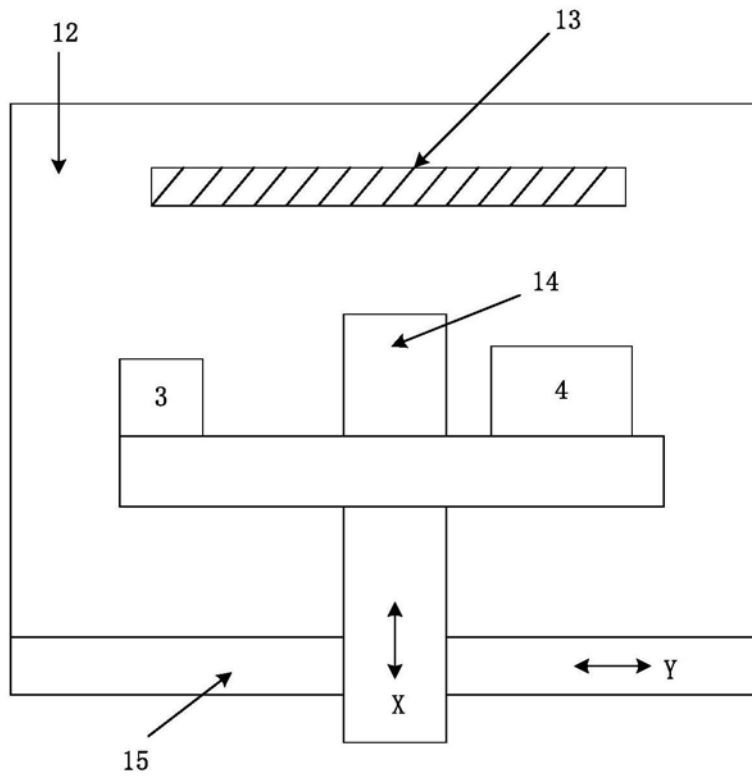


图3

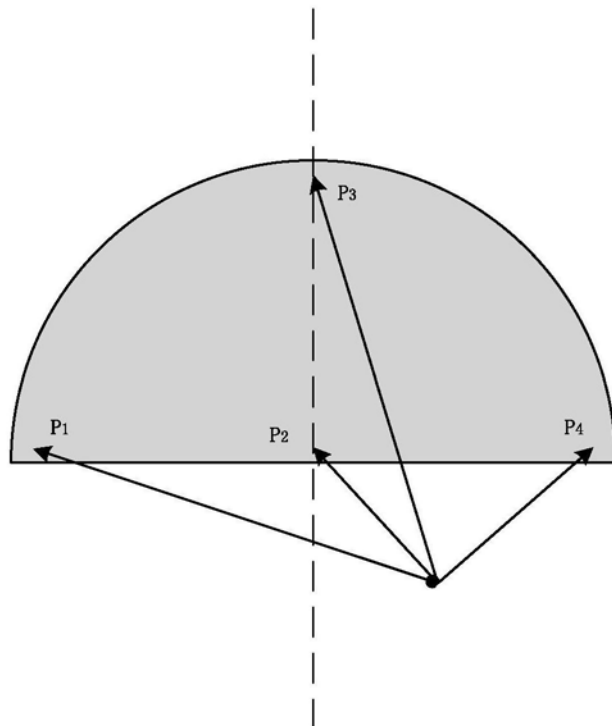


图4

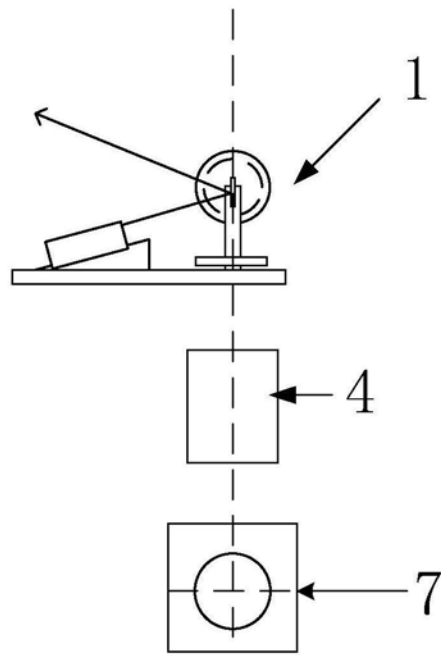


图5

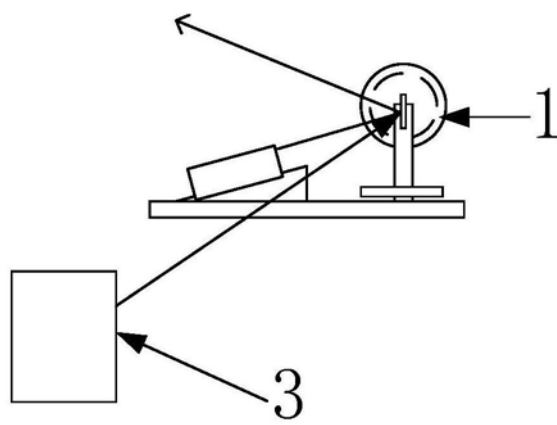


图6