

方位角自动调整的太阳光照模拟装置和方法

申请号：[201210279822.9](#)

申请日：2012-08-08

申请(专利权)人 [中国科学院长春光学精密机械与物理研究所](#)

地址 [130033 吉林省长春市东南湖大路3888号](#)

发明(设计)人 [方伟 王红睿 王玉鹏 叶新](#)

主分类号 [G05D3/12\(2006.01\)I](#)

分类号 [G05D3/12\(2006.01\)I](#)

公开(公告)号 [102789240A](#)

公开(公告)日 [2012-11-21](#)

专利代理机构 [长春菁华专利商标代理事务所 22210](#)

代理人 [南小平](#)



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102789240 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 15

(21) 申请号 201210279822. 9

(22) 申请日 2012. 08. 08

(73) 专利权人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路 3888 号

(72) 发明人 方伟 王红睿 王玉鹏 叶新

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 南小平

(51) Int. Cl.

G05D 3/12 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102135333 A, 2011. 07. 27, 权利要求 2.

CN 102393293 A, 2012. 03. 28, 说明书第

[0018] 段.

CN 201523016 U, 2010. 07. 07, 说明书第

[0006]- [0007] 段.

CN 202217422 U, 2012. 05. 09, 说明书第 [0016] 段.

CN 101588147 A, 2009. 11. 25, 全文.

US 3766460, 1973. 10. 16,

张国玉等. 移动式太阳模拟器控制系统研究. 《长春理工大学学报(自然科学版)》. 2009, 第 32 卷(第 1 期), 第 1-3 页.

张国玉等. 移动式太阳模拟器控制系统研究. 《长春理工大学学报(自然科学版)》. 2009, 第 32 卷(第 1 期), 第 1-3 页.

审查员 左良军

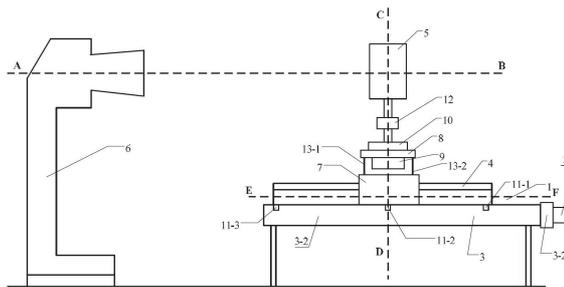
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

方位角自动调整的太阳光照模拟方法

(57) 摘要

方位角自动调整的太阳光照模拟装置和方法,属于太阳光照模拟技术领域,为了解决现有技术无法提供辐照度、模拟太阳光的发散角、不均匀度等各项指标良好的模拟太阳光,该装置反射镜与旋转传动装置相连,旋转传动装置安装在运动平台上;位移传动装置安装在运动平台;运动平台安装在导轨上;小型太阳模拟器提供模拟太阳光;人机交互单元和电控单元用于完成对系统的自动控制;该方法:使小型太阳模拟器主光轴 AB 对准反射镜的中心;初始化电控单元;将初始值通过人机交互单元发送到电控单元;电控单元再根据反射镜参考倾角、反射镜倾角反馈,生成旋转驱动电机的控制量;电控单元根据反射镜位移反馈、反射镜位移参考,生成位移驱动电机的控制量。



1. 方位角自动调整的太阳光照模拟方法,该方法所用的装置包括小型太阳模拟器(6),该装置还包括导轨(1)、位移传动装置(3)、反射镜(5)、运动平台(7)、旋转传动装置(8)、高度调整机构(12)、人机交互单元和电控单元;反射镜(5)与高度调整机构(12)相连;反射镜(5)与旋转传动装置(8)相连,旋转传动装置(8)安装在运动平台(7)上;位移传动装置(3)安装在运动平台(7);运动平台(7)安装在导轨(1)上;

小型太阳模拟器(6)提供模拟太阳光;

人机交互单元和电控单元用于对太阳光照模拟装置的自动控制;

位移传动装置(3)包括滚珠丝杠(3-1)和固定件(3-2),位移驱动电机(2)设置在固定件(3-2)上,运动平台(7)与滚珠丝杠(3-1)相连;

旋转传动装置(8)包括减速器(8-1)和旋转轴(8-2),旋转驱动电机(9)安装在旋转减速器(8-1)上,反射镜(5)固定安装在旋转轴(8-2)上,倾角测量单元(10)安装在旋转轴(8-2),旋转传动装置(8)通过旋转支架(13)安装在运动平台(7)上;

位移测量单元(4)安装在导轨(1)上;

其特征在于,该方法包括以下步骤:

步骤一:旋转或调整小型太阳模拟器(6)的高度,使小型太阳模拟器(6)主光轴AB对准反射镜(5)的中心;

步骤二:初始化电控单元;

步骤三:将小型太阳模拟器(6)主光轴AB到待测太阳跟踪装置的垂直距离 h ,与方位角变化相关的设置数据 D_p ,包括方位角初始值、方位角变化模式、方位角变化速度参数,通过人机交互单元发送到电控单元;

步骤四:人机交互单元发送光照试验开始指令到电控单元;

步骤五:电控单元根据方位角变化设置数据 D_p ,计算当前时间 t 的参考太阳方位角 $\gamma_d(t)$

$$\gamma_d(t) = g(t, D_p)$$

其中函数 $g()$ 为计算期望入射模拟太阳光方位角的函数;

计算时刻 t 的反射镜绕轴线方向CD的倾角参考 $\beta_d(t)$

$$\beta_d(t) = \frac{\gamma_d(t)}{2} + \frac{3\pi}{4};$$

计算时刻 t 的反射镜位移参考 $y_d(t)$

$$y_d(t) = \frac{h}{\tan\left(\frac{\gamma_d(t)}{2} + \frac{3\pi}{4}\right)};$$

电控单元读取时刻 t 时反射镜倾角反馈 $\beta(t)$;

电控单元根据反射镜参考倾角 $\beta_d(t)$ 、反射镜倾角反馈 $\beta(t)$,生成旋转驱动电机(9)的控制量;

电控单元读取位移测量单元(4)的输出值,生成时刻 t 时反射镜位移反馈 $y(t)$;

电控单元根据反射镜位移反馈 $y(t)$ 、反射镜位移参考 $y_d(t)$,生成位移驱动电机(2)的控制量。

方位角自动调整的太阳光照模拟方法

技术领域

[0001] 本发明属于太阳光照模拟技术领域,具体涉及方位角自动调整的太阳光照模拟方法。

背景技术

[0002] 航天器上的太阳跟踪装置,如对日定向的太阳电池帆板、太阳望远镜等仪器精密对日的太阳跟踪设备等,都是高投入、高风险的航天产品。为有效控制研制风险,保证航天产品可靠性,需通过大量的太阳光照仿真试验来验证其设计方案。为了贴近太空飞行的实际环境,要求试验中模拟太阳光的辐照度、发散角等指标满足要求,同时模拟太阳光的方位角或高度角严格按照在轨飞行时的情况变化。

[0003] 如图 1 所示,航天器上的太阳光方位角示意图,图中 OS 是单位太阳矢量,OD 是单位太阳矢量 OS 在待测试装置安装基准面上的投影。太阳光方位角 γ 为 OD 与安装基准面 X 轴正方向或待测试装置 X 轴正方向的夹角。

[0004] 为检测航天器上太阳跟踪装置单自由度的太阳跟踪性能,大多数采用“单自由度转台”的方案。在这种“单自由度转台”的方案中,太阳模拟器位置固定,太阳跟踪设备以给定的速率随单自由度转台运动。考虑到地面太阳光照仿真试验时间长,可能长达几百个小时,与太阳跟踪装置安装于地面的静止方案相比,这种运动太阳跟踪装置的方案增加了航天产品碰撞、跌落、损坏电气连接线等危险发生的可能性。同时,这种方法建立的模拟太阳光照环境不直观,不便于测试人员工作,测试人员需随转台旋转来观察、掌握太阳跟踪设备的太阳指向情况,或要跟着转台在运动中测试太阳跟踪装置的特定信号。另外,为了避免太阳跟踪装置外部电源线、信号线等电气连接线变形,例如拉长、缠绕等,还需改变太阳跟踪装置方案设计,在长时间地面试验中,选用较长的或加强的电源线、信号线等,造成太阳跟踪装置的地面试验件与在轨工作件状态不一致。

[0005] 申请号 201020564644.0,实用新型名称为“智能型人造太阳实验系统”专利文件公开了在两个方向上移动氙灯,从而改变模拟太阳光的俯仰角和方位角。其中,系统的光源是氙灯,而不是太阳模拟器。如果光源仅仅是氙灯,难以满足航天器上太阳跟踪装置的试验要求。

发明内容

[0006] 为了解决现有技术无法提供辐照度、模拟太阳光的发散角、不均匀度等各项指标良好的模拟太阳光,本发明提供了方位角自动调整的太阳光照模拟方法,可用于航天器上、地面上各种太阳跟踪装置的太阳光照仿真试验。

[0007] 方位角自动调整的太阳光照模拟方法,该方法所用的装置包括小型太阳模拟器,该装置还包括导轨、位移传动装置、反射镜、运动平台、旋转传动装置、高度调整机构、人机交互单元和电控单元;反射镜与高度调整机构相连;反射镜与旋转传动装置相连,旋转传动装置安装在运动平台上;位移传动装置安装在运动平台;运动平台安装在导轨上;

- [0008] 小型太阳模拟器提供模拟太阳光；
- [0009] 人机交互单元和电控单元用于对太阳光照模拟装置的自动控制；
- [0010] 位移传动装置包括滚珠丝杠和固定件，位移驱动电机设置在固定件上，运动平台与滚珠丝杠相连；
- [0011] 旋转传动装置包括减速器和旋转轴，旋转驱动电机安装在旋转减速器上，反射镜固定安装在旋转轴上，倾角测量单元安装在旋转轴，旋转传动装置通过旋转支架安装在运动平台上；
- [0012] 位移测量单元安装在导轨上；
- [0013] 其特征在于，该方法包括以下步骤：
- [0014] 步骤一：旋转或调整小型太阳模拟器的高度，使小型太阳模拟器主光轴 AB 对准反射镜的中心；
- [0015] 步骤二：初始化电控单元；
- [0016] 步骤三：将小型太阳模拟器主光轴 AB 到待测太阳跟踪装置的垂直距离 h ，与方位角变化相关的设置数据 D_p ，包括方位角初始值、方位角变化模式、方位角变化速度参数，通过人机交互单元发送到电控单元；
- [0017] 步骤四：人机交互单元发送光照试验开始指令到电控单元；
- [0018] 步骤五：电控单元根据方位角变化设置数据 D_p ，计算当前时间 t 的参考太阳方位角 $\gamma_d(t)$
- [0019] $\gamma_d(t) = g(t, D_p)$
- [0020] 其中函数 $g()$ 为计算期望入射模拟太阳光方位角的函数；
- [0021] 计算时刻 t 的反射镜绕轴线方向 CD 的倾角参考 $\beta_d(t)$
- [0022]
$$\beta_d(t) = \frac{\gamma_d(t)}{2} + \frac{3\pi}{4} ;$$
- [0023] 计算时刻 t 的反射镜位移参考 $y_d(t)$
- [0024]
$$y_d(t) = \frac{h}{\tan\left(\frac{\gamma_d(t)}{2} + \frac{3\pi}{4}\right)} ;$$
- [0025] 电控单元读取时刻 t 时反射镜倾角反馈 $\beta(t)$ ；
- [0026] 电控单元根据反射镜参考倾角 $\beta_d(t)$ 、反射镜倾角反馈 $\beta(t)$ ，生成旋转驱动电机的控制量；
- [0027] 电控单元读取位移测量单元的输出值，生成时刻 t 时反射镜位移反馈 $y(t)$ ；电控单元根据反射镜位移反馈 $y(t)$ 、反射镜位移参考 $y_d(t)$ ，生成位移驱动电机的控制量。
- [0028] 本发明的有益效果是：小型太阳模拟器发出符合要求的太阳光，然后由反射镜将其投射到待测试的太阳跟踪装置。采用自动控制的原理来调整反射镜在直线导轨上的位移与倾角。电控单元获取位移测量单元和倾角测量单元的反馈后，根据用户设定的方位角变化规律及控制律，逐一生成对应两个自由度的控制量，调节反射镜的位移和反射镜的倾角，最终获得方位角可变的模拟太阳光。

附图说明

- [0029] 图 1 为航天器上太阳光方位角示意图。
- [0030] 图 2 为方位角自动调整的太阳光照模拟装置的主视图。
- [0031] 图 3 是方位角自动调整的太阳光照模拟装置的俯视图。

具体实施方式

- [0032] 以下结合附图详细描述本发明的技术方案。
- [0033] 如图 2 所示,方位角自动调整的太阳光模拟方法所用装置,包括小型太阳模拟器 6,该装置还包括导轨 1、位移传动装置 3、反射镜 5、运动平台 7、旋转传动装置 8、高度调整机构 12、人机交互单元和电控单元;反射镜 5 与高度调整机构 12 相连;反射镜 5 与旋转传动装置 8 相连,旋转传动装置 8 安装在运动平台 7 上;位移传动装置 3 安装在运动平台 7;运动平台 7 安装在导轨 1 上;
- [0034] 小型太阳模拟器 6 提供模拟太阳光;
- [0035] 人机交互单元和电控单元用于完成对太阳光模拟装置的自动控制。
- [0036] 位移传动装置 3 包括滚珠丝杠 3-1 和固定件 3-2,位移驱动电机 2 设置在固定件 3-2 上,运动平台 7 与滚珠丝杠 3-1 相连。
- [0037] 旋转传动装置 8 包括减速器 8-1 和旋转轴 8-2,旋转电机 9 安装在旋转减速器 8-1 上,反射镜 5 固定安装在旋转轴 8-2 上,倾角测量单元 10 安装在旋转轴 8-2,旋转传动装置 8 通过旋转支架 13 安装在运动平台 7 上。
- [0038] 位移测量单元 4 安装在导轨 1 上。
- [0039] 限位装置 11 包括正向接近开关 11-1,零位接近开关 11-2,负向接近开关 11-3,且三者分散安装在导轨 1 附近。
- [0040] 下面给出方位角自动调整的太阳光模拟装置的工程具体实现方案。
- [0041] 1) 导轨 1,包括直线导轨、保持板、滑块、端盖板、末端密封垫片、侧面密封垫片等;
- [0042] 2) 位移驱动电机 2,选用直流力矩电机;
- [0043] 3) 位移传动装置 3,包括滚珠丝杠 3-1,固定件 3-2;
- [0044] 4) 位移测量单元 4,选用增量式直线光栅尺;
- [0045] 5) 反射镜 5,选用平面反射镜,表面镀有铝膜加硬膜,在可见光波段的反射率达到 90%,基底材料为浮法玻璃;
- [0046] 6) 小型太阳模拟器 6,包括氙灯、双曲面反射镜,光学积分器和准直镜等,太阳模拟器的主光轴为 AB;
- [0047] 7) 运动平台 7,安装在导轨 1 的滑块上,用来承载传动装置 8、旋转驱动电机 9、倾角测量单元 10 等组件在导轨 1 上沿 EF 方向做直线运动;
- [0048] 8) 旋转传动装置 8,包括减速器 8-1 和旋转轴 8-2,带动反射镜绕轴线方向 CD 转动;
- [0049] 9) 旋转驱动电机 9,选用直流力矩电机;
- [0050] 10) 倾角测量单元 10,选用 16 位的空心轴绝对编码器;
- [0051] 11) 人机交互单元,包括专用键盘、单片机、液晶显示器等,用户可以输入方位角变化的参数;
- [0052] 12) 限位装置 11,均采用电感式接近开关,包括正向接近开关 11-1、零位接近开关

11-2 和负向接近开关 11-3；

[0053] 13) 高度调整机构 12, 采用套管和固定件的方案；

[0054] 14) 电控单元, DSP 为核心, 外围器件包括对光栅尺信号解码的 CPLD, 控制位移驱动电机 2、旋转驱动电机 9 的专用芯片；

[0055] 15) 旋转支撑架 13, 包括左旋转支撑架 13-1, 右旋转支撑架 13-2；

[0056] 方位角自动调整的太阳光模拟试验要求如下：

[0057] 要求 1 太阳模拟器 6 的主光轴 AB 平行于运动平台 7 在导轨 1 上的运动方向 EF；

[0058] 要求 2 运动平台 7 在导轨 1 上的运动方向 EF 平行于水平面；

[0059] 要求 3 待测试的装置, 例如太阳跟踪设备等, 放置在水平面上；

[0060] 要求 4 调整太阳跟踪装置中光电反馈元件的姿态, 令其接收到的模拟太阳光高度角不为 0；

[0061] 要求 5 需要模拟太阳光辐照度测量装置, 用来测量特定元件（太阳跟踪装置中光电反馈元件等）接收到的太阳辐射, 例如光电池等；

[0062] 要求 6 反射镜旋转轴线方向 CD 平行于竖直方向, 与水平面正交。

[0063] 当要求 1、要求 2、要求 3、要求 4、要求 5 都满足时, 测量太阳模拟器 6 主光轴 AB 到特定元件表面的垂直距离 h, 对于太阳跟踪装置而言, h 为太阳模拟器 6 主光轴 AB 到光电反馈元件表面的垂直距离。

[0064] 方位角自动调整的太阳光模拟装置的坐标图见图 3, HG 为待测装置特定元件的主光轴, 例如太阳跟踪装置光电反馈元件的主光轴, 待测装置特定元件的主光轴 HG 与太阳模拟器 6 主光轴 AB 相交于 O, O 为系统的坐标原点。

[0065] 本发明以反馈控制的原理来调整反射镜倾角和反射镜位移, 从而改变入射太阳光的方位角, 其实施步骤为：

[0066] ①给太阳模拟器 6 上电, 使得太阳模拟器稳定工作半个小时或更长时间；

[0067] ②通过旋转或调整太阳模拟器 6 的高度, 令太阳模拟器 6 主光轴 AB 的指向反射镜 5 的中心；

[0068] ③测量太阳模拟器 6 出射的到达反射镜 5 的模拟太阳光辐照度, 并适当地调整太阳模拟器电源, 确保其大于设定的阈值；

[0069] ④启动电控单元, 控制系统初始化；

[0070] ⑤将太阳模拟器 6 主光轴 AB 到特定元件表面的垂直距离 h, 与方位角变化相关的设置数据 D_p , 包括方位角初始值、方位角变化模式、方位角变化速度等参数, 通过人机交互单元, 逐一发送到电控单元；

[0071] ⑥通过人机交互单元发送光照试验开始指令到电控单元；

[0072] 结合图 3 方位角自动调整的太阳光照模拟装置坐标图, 电控单元的工作流程简述如下：

[0073] a. 根据方位角变化设置数据 D_p , 计算当前时间 t 的参考太阳方位角 $\gamma_d(t)$

[0074] $\gamma_d(t) = g(t, D_p)$

[0075] 其中函数 $g()$ 为计算期望入射模拟太阳光方位角的函数；

[0076] b. 计算时刻 t 的反射镜绕轴线方向 CD 的倾角参考 $\beta_d(t)$ ；

[0077]
$$\beta_d(t) = \frac{\gamma_d(t)}{2} + \frac{3\pi}{4}$$

[0078] c. 计算时刻 t 的反射镜位移参考 $y_d(t)$;

[0079]
$$y_d(t) = \frac{h}{\tan\left(\frac{\gamma_d(t)}{2} + \frac{3\pi}{4}\right)}$$

[0080] d. 电控单元读取时刻 t 时反射镜倾角反馈 $\beta(t)$;

[0081] e. 电控单元根据反射镜参考倾角 $\beta_d(t)$ 、反射镜倾角反馈 $\beta(t)$ ，按照一定的控制方法，生成旋转驱动电机 9 的控制量；

[0082] f. 电控单元读取位移测量单元 4 的输出值，生成时刻 t 时反射镜位移反馈 $y(t)$ ；

[0083] g. 电控单元，根据反射镜位移反馈 $y(t)$ 、反射镜位移参考 $y_d(t)$ ，生成位移驱动电机 2 的控制量。

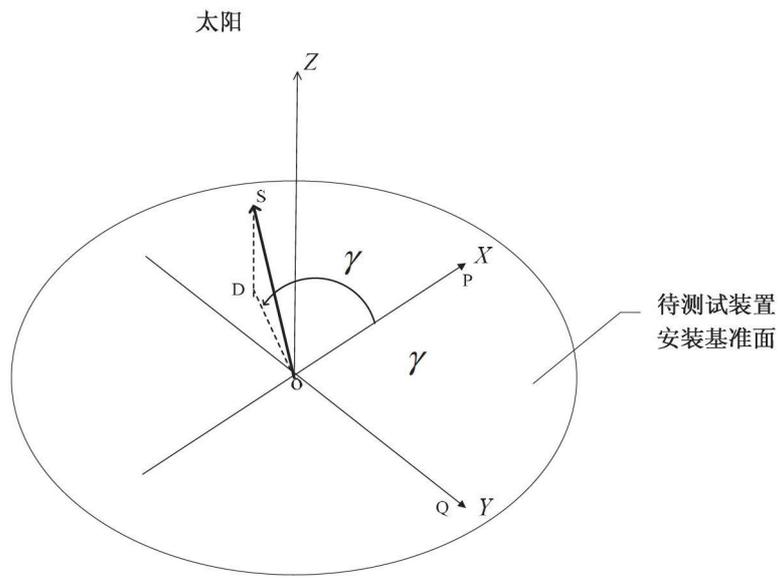


图 1

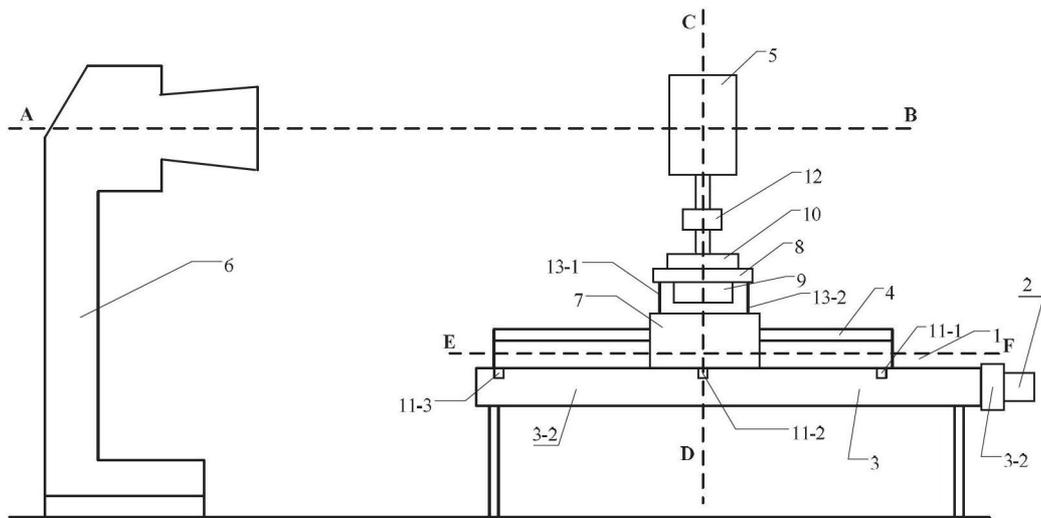


图 2

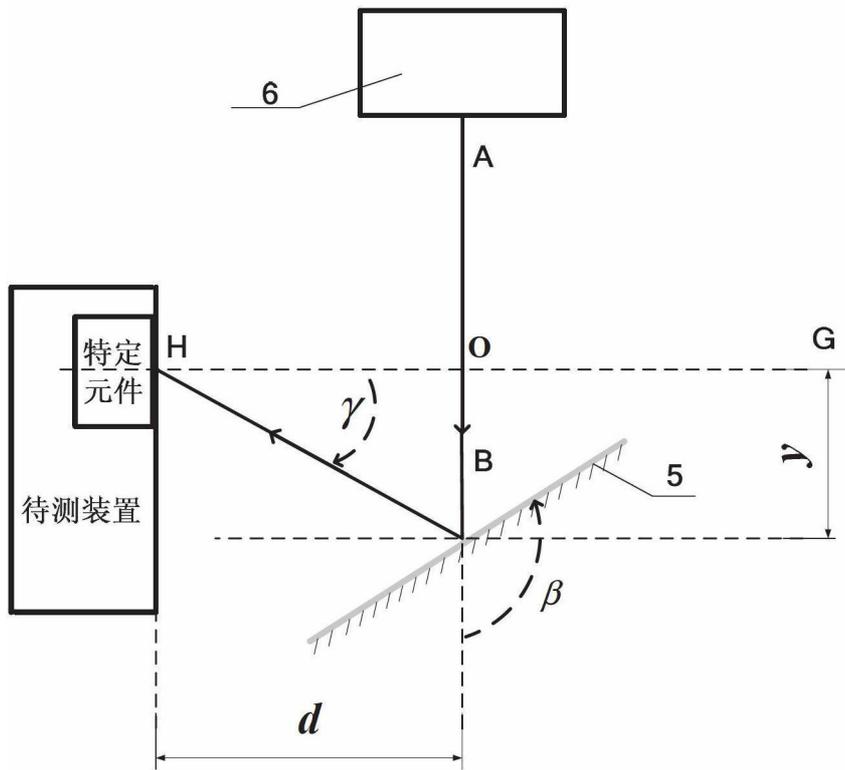


图 3