



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109298363 B

(45) 授权公告日 2020.12.25

(21) 申请号 201811294288.2

审查员 王晓涵

(22) 申请日 2018.11.01

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109298363 A

(43) 申请公布日 2019.02.01

(73) 专利权人 北京东方计量测试研究所

地址 100083 北京市海淀区知春路82号院

(72) 发明人 袁亚飞 冯娜 马姗姗 季启政

张宇

(74) 专利代理机构 北京善任知识产权代理有限公司

11650

代理人 王军 高杰

(51) Int. Cl.

G01R 35/00 (2006.01)

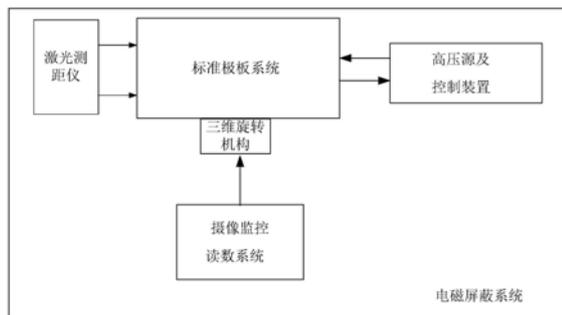
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种三维静电场仪校准装置

(57) 摘要

本发明一种三维静电场仪校准装置,包括直流高压电源、保护电阻、直流高压电源控制器、金属平行极板、电场仪夹具、三维旋转机构、激光测距仪、摄像监控结构及电磁屏蔽结构,所述三维旋转机构包括固定台、联动轴、步进电机、旋转变压器、中央处理器、位移传感器,中央处理器通过旋转变压器控制步进电机的输出轴转动带动被校三维电场仪在开孔内旋转,摄像监控结构用于采集被校三维电场仪显示的电场强度,并将其与由激光测距仪所得上下极板的距离和直流高压电源输出电压计算求得标准电场的电场强度比对,根据比对结果进行校准。本发明可避免外部电磁干扰以及环境温湿度的影响,能够满足三维静电场仪的校准需求,在计量校准机构使用,有很强的实用性。



1. 一种三维静电场仪校准装置,其特征在于,包括直流高压电源、保护电阻、直流高压电源控制器、一对金属平行极板、三维静电场仪夹具、三维旋转机构、激光测距仪、摄像监控结构及电磁屏蔽结构,其中电磁屏蔽结构,用于为装置屏蔽外界电磁干扰;所述一对金属平行极板由相平行的上下极板构成,且上下极板之间设置支架,所述下极板的中心位置设置作为校准区域的开孔,且将用于固定被校三维静电场仪探头的三维静电场仪夹具嵌入设置在开孔处,及所述上下极板之间水平设置若干条等位线;所述上极板通过保护电阻连接至直流高压电源的输出端,且下极板连接直流高压电源的地线;所述直流高压电源控制器,用于调节直流高压电源向上极板输出的电压大小;所述三维旋转机构包括固定台、联动轴、步进电机、旋转变压器、中央处理器、位移传感器,其中固定台用于将被校三维静电场仪和位移传感器固定,所述固定台底部连接联动轴的一端且联动轴的另一端通过固定件连接至步进电机的输出轴,及中央处理器用于通过旋转变压器控制步进电机的输出轴转动带动被校三维静电场仪在开孔内旋转,并通过位移传感器获取固定台的位移;所述激光测距仪,用于测量上下极板的平面度、平行度和之间的距离;所述摄像监控结构,用于采集被校三维静电场仪显示的电场强度,并将其与由激光测距仪所得上下极板的距离和直流高压电源输出电压计算求得标准电场的电场强度比对,及根据比对结果进行校准。

2. 根据权利要求1所述三维静电场仪校准装置,其特征在于,所述支架采用聚酰亚胺绝缘柱。

3. 根据权利要求1所述三维静电场仪校准装置,其特征在于,还包括均匀性评价机构,用于对距离下极板下方的不同位置测量电场均匀性和电场强度。

4. 根据权利要求1所述三维静电场仪校准装置,其特征在于,还包括连接于保护电阻和直流高压电源的输出端之间的连接开关。

5. 根据权利要求4所述三维静电场仪校准装置,其特征在于,所述连接开关采用单刀双掷开关。

6. 根据权利要求1所述三维静电场仪校准装置,其特征在于,所述电磁屏蔽结构采用全金属屏蔽腔。

7. 根据权利要求1所述三维静电场仪校准装置,其特征在于,所述摄像监控结构还用于将采集被校三维静电场仪显示的电场强度及对比结果上传。

一种三维静电场仪校准装置

技术领域

[0001] 本发明属于机电一体化的仪器仪表技术领域,涉及一种三维静电场仪校准装置。

背景技术

[0002] 传统一维静电场仪只能监测一维或者二维电场强度,探测方向一般与传感器主轴方向平行或者垂直,其测量数据仅能反应电场三维矢量某方向或者某两个方向分量的大小,有可能造成较大的测量误差。现在用于空中及地面环境电场强度的三维电场传感器适用于多种不规则电极所形成的静电场探测,在诸多领域内都发挥着举足轻重的作用,如易燃易爆封闭场所采用静电场仪检测人体静电及雷电天气带来的潜存静电隐患;西昌卫星发射场配置了16个地面电场仪测量点,并由气球携带的双球电场仪测量空中电场强度,用于卫星发射保障;电场的监测对于了解空间电状态是不可缺少的,可以为密闭场所静电监测、太阳活动对近地空间天气的影响、雷暴和地震预警、以及航天活动提供直接的观测资料,提高对灾害性静电事故的预警预报能力。

[0003] 为获得准确的电场仪灵敏度系数,必须进行可靠的地面校准和标定,电场强度通过直流高压电源可以溯源到电压标准,以及极板间距长度上。一般校准装置采用平行电容器原理,即在两块距离为一定的平行极板之间加上一个已知的稳定电压便成为基本的电场标定装置。平板间电场的大小可表示为 $E=V/d$, V 为加在两极板间的电压(V); d 为两极板之间的距离(m)。改变两极板间的电压大小就改变了电场值,从而使传感器输出信号数值发生变化,据此即可得到不同电场值 E 所对应的传感器输出信号大小曲线—标定曲线。理想情况下,无限大的平行板电容器的电场是均匀分布的,如图1(a)所示,实际上有限大小的平行极板中间的部分的电场分布是均匀的,而在电容器的边缘,电场的电力线是弯曲且发散的,即为边缘效应,如图1(b)所示。由于电容器边缘效应的存在,导致平行板存在一个边缘附加效应,即平行板电容的实际电容器大于理论计算值,因此边缘效应成为电容传感器使用的主要制约因素。其中两极板间的间距以及极板直径之间的比例是影响标准静电场是否均匀的重要因素之一,标准IEEE Std 1227TM-1990(2010)中给出两极板的距离与直径之比 $d/D < 0.5$ 。当极板直径为1m,则两极板的距离最好不应超过0.5m,极板间距小于0.5m对均匀性的影响非常小。在标准平行极板电容器系统中,由于两极板的直径较大,极板的机械加工和安装很难保持两极板平行,另外由于冷热不均匀、平板变形等引起不平行度。如果电场偏差为 ΔE ,两极板的距离变化为 Δd ,则二者之间的关系为 $\Delta E/E_0 = \Delta d/d$,要求电场的最大允许偏差在1%以内,则要求必须小于1%,当 $\Delta E=500mm$ 时,不能大于 $\Delta d=5mm$ 。当此装置校准被校准件时,被校准件要放入两极板系统中,被校准件的放入会改变原有电场,使得中心处电场畸变,影响测量准确度。

[0004] 故现有技术存在以下问题:(1)平行极板面积巨大易导致极板间不平行度增加,对校准结果的影响巨大,对于高精度的校准系统极板,加工工艺关系到整个校准装置的可靠性。(2)现有的平行极板电容器主要用于一维静电场仪的校准,因此,针对三维静电场仪还需提出一个更为切实有效的方法进一步解决此问题。(3)裸露的金属极板直接连接直流高

压源,有可能发生高压放电,甚至产生人员触电隐患。

发明内容

[0005] 发明所要解决的课题是,解决现有的平行极板电容器主要用于一维静电场仪的校准,无法进行三维静电场仪校准,且平行极板面积巨大易导致极板间不平行度增加,对校准结果的影响巨大的问题。

[0006] 用于解决课题的技术手段是,本发明提出一种三维静电场仪校准装置,设计三维旋转机构改进平行极板电容器使其适用于三维静电场仪的校准。

[0007] 本发明提出的一种三维静电场仪校准装置,包括直流高压电源、保护电阻、直流高压电源控制器、一对金属平行极板、电场仪夹具、三维旋转机构、激光测距仪、摄像监控结构及电磁屏蔽结构,其中电磁屏蔽结构,用于为装置屏蔽外界电磁干扰;所述一对金属平行极板由相平行的上下极板构成,且上下极板之间设置支架,所述下极板的中心位置设置作为校准区域的开孔,且将用于固定被校三维电场仪探头的电场仪夹具嵌入设置在开孔处,及所述上下极板之间水平设置若干条等位线;所述上极板通过保护电阻连接至直流高压电源的输出端,且下极板连接直流高压电源的地线;所述直流高压电源控制器,用于调节直流高压电源向上极板输出的电压大小;所述三维旋转机构包括固定台、联动轴、步进电机、旋转变压器、中央处理器、位移传感器,其中固定台用于将被校三维电场仪、位移传感器固定,所述固定台底部连接联动轴的一端且联动轴的一端通过固定件连接至步进电机的输出轴,及中央处理器用于通过旋转变压器控制步进电机的输出轴转动带动被校三维电场仪在开孔内旋转,并通过位移传感器获取固定台的位移;所述激光测距仪,用于测量上下极板的平面度、平行度和之间的距离;所述摄像监控结构,用于采集被校三维电场仪显示的电场强度,并将其与由激光测距仪所得上下极板的距离和直流高压电源输出电压计算求得标准电场的电场强度比对,及根据比对结果进行校准。

[0008] 进一步地,作为本发明的一种优选技术方案:所述支架采用聚酰亚胺绝缘柱。

[0009] 进一步地,作为本发明的一种优选技术方案:还包括均匀性评价机构,用于对距离下极板下方的不同位置测量电场均匀性和电场强度。

[0010] 进一步地,作为本发明的一种优选技术方案:还包括连接于保护电阻和直流高压电源的输出端之间的连接开关。

[0011] 进一步地,作为本发明的一种优选技术方案:所述连接开关采用单刀双掷开关。

[0012] 进一步地,作为本发明的一种优选技术方案:所述电磁屏蔽结构采用全金属屏蔽腔。

[0013] 进一步地,作为本发明的一种优选技术方案:所述摄像监控结构还用于将采集被校三维电场仪显示的电场强度及对比结果上传。

[0014] 发明效果为:

[0015] 本发明的三维静电场仪校准装置,在一对平行金属极板的下极板附近产生局部均匀电场,使用三维旋转机构对静电场仪的每个矢量方向进行校准,使得被校准的静电场仪的示值误差溯源到高电压标准上,通过放置于下极板附近的激光测距仪,使得极板间距的测量距离溯源到长度几何量的标准上。为使金属基本保持平面度,并且防止可能产生的高压放电危害,本发明采用高压环结合铝蜂窝板的加工方法。

[0016] 本发明设计三维旋转机构改进平行极板电容器,使其适用于三维静电场仪的校准。改进高压极板的加工工艺,选用高压环结合蜂窝铝板的方式既保证极板的平面度,又可有效防止高压放电的发生。校准采用激光测距仪测量极板的尺寸和距离,做到长度溯源得以简化。通过摄像监控读数系统获得被校准三维电场仪面板的电场强度数据,使操作人员远离可能的高压放电危害。因环境温湿度直接影响空气介质的绝缘性和介电常数,空气中的粉尘容易在极板表面聚集,进而产生电晕和电场畸变,严重情况下会产生火花放电,因此静电场环境需要特殊设计,满足温湿度可控的条件。

[0017] 并且,本发明增加均匀性评价装置,进一步确定电场的均匀性。为方便确定极板之间的电场均匀性,避免了边缘效应对校准结果的影响,增强了操作安全性。因此,本发明的校准装置提高了现有的静电场仪的校准范围以及精度,能够满足三维静电场仪的校准需求,在计量校准机构使用,有很强的实用性。

附图说明

[0018] 图1为现有技术中平行板电容器的边缘效应示意图。

[0019] 图2为本发明三维静电场仪校准装置的结构原理图。

[0020] 图3为本发明三维静电场仪校准装置的测量原理图。

[0021] 图4为本发明中平行金属极板结构示意图。

[0022] 图5为本发明中电场均匀性评价装置示意图。

具体实施方式

[0023] 以下,基于附图针对本发明进行详细地说明。

[0024] 如图2和3所示,本发明设计了一种三维静电场仪校准装置,其测试对象是三维静电场仪,本装置具体包括:直流高压电源、保护电阻、直流高压电源控制器、一对金属平行极板、电场仪夹具、三维旋转机构、激光测距仪、摄像监控结构及电磁屏蔽结构,还可以包括均匀性评价机构、连接开关。

[0025] 其中,所述电磁屏蔽结构,用于为装置屏蔽外界电磁干扰;所述一对金属平行极板的具体结构如图4所示,由相平行的上下极板构成,且上下极板之间设置支架,所述下极板的中心位置设置作为校准区域的开孔,且将用于固定被校三维电场仪探头的电场仪夹具嵌入设置在开孔处,及为减小边缘效应的影响,所述上下极板之间水平设置若干条等位线,施加等位线可以有效减少标准极板系统的边缘效应,并且在上下两极板以及等位线之前串联有等分电阻。

[0026] 并且,所述上极板通过保护电阻、选择开关连接至直流高压电源的输出端,且下极板连接直流高压电源的地线;所述直流高压电源控制器,用于调节直流高压电源向上极板输出的电压大小;所述三维旋转机构包括固定台、联动轴、步进电机、旋转变压器、中央处理器、位移传感器,其中固定台用于将被校三维电场仪、位移传感器固定,所述固定台底部连接联动轴的一端且联动轴的一端通过固定件连接至步进电机的输出轴,及中央处理器用于通过旋转变压器控制步进电机的输出轴转动带动被校三维电场仪在开孔内旋转,并通过位移传感器获取固定台的位移;所述激光测距仪,用于测量上下极板的平面度、平行度和之间的距离;所述摄像监控结构,用于采集被校三维电场仪显示的电场强度,并将其与由激光测

距仪所得上下极板的距离和直流高压电源输出电压计算求得标准电场的电场强度比对,及根据比对结果进行校准。

[0027] 其中,所述高压金属平行极板是圆盘极板,直径为1m,厚度为10mm。金属极板的边缘为高压环,中间为铝蜂窝板。上、下极板间采用开有环形槽的支架,采用聚酰亚胺绝缘柱,也可以采用有机玻璃支架。所述下高压金属极板中间开孔作为被检电场仪探头放置位置。

[0028] 所述连接开关可由5个独立的单刀双掷开关组成,每个开关的中间电极通过高压导线连接上高压金属上极板,所有开关的右边引脚接在一起,再接高压金属下极板连同直流高压电源的地线,所有开关的左边引脚接在一起,再接保护电阻。

[0029] 所述均匀性评价机构,主要对距离下极板下方的不同位置测量电场均匀性和电场强度。其结构如图5所示,主要由垂直旋转机构、水平旋转机构、固定电场探头和旋转电场探头组成;垂直旋转机构可包括垂直旋转电机、垂直运行机构等,水平旋转机构可包括水平旋转电机、水平运行机构等。其中垂直旋转机构用来调节电场探头与下极板的距离,以测量电场探头与下极板不同距离间电场的均匀性。水平运行机构用来带动旋转电场探头和固定电场探头旋转,以测量距下极板圆心处,以 r 为半径圆围上的电场强度。其中旋转电场探头在水平运行机构上的位置是可沿 r 方向进行调节的。电场均匀性的表述方法利用下极板上的实际电场 E 除以理想电场 E_0 表示,即 $D=E/E_0$,式中, E_0 为理想电场,由试验装置固定电场探头2测量得到; E 为实测电场值,由旋转电场探头1测量得到。

[0030] 所述激光测距仪放置在下板上,由于极板几何参数的量级为0.1mm,需要借助于测量高精度的激光跟踪仪(其测量精度可达10m)对两极板间平行度及不平整度进行测量。

[0031] 所述摄像监控读数系统主要对准被校准将电场仪的数显系统,利用摄像头将电场仪面板的电场强度及对比结果数据还可上传给上位机,上位机可读数电场仪上的数值。

[0032] 所述的电磁屏蔽结构主要为全金属屏蔽腔,保证校准装置不受外界电磁干扰,极板不受环境温湿度的污染。

[0033] 下面说明本发明校准装置的工作原理:

[0034] 参见图5,开始对三维静电场仪进行校准前,可利用电场均匀性评价装置的水平运行机构用来带动旋转电场探头和固定电场探头旋转,以测量距下极板圆心处,以 r 为半径圆围上的电场强度。其中旋转电场探头在水平运行机构上的位置是可沿 r 方向进行调节的。 z 为装置距离下极板的距离;电场均匀性的表述方法利用下极板上的实际电场 E 除以理想电场 E_0 表示,即 $D=E/E_0$,式中, E_0 为理想电场,由评价装置的固定电场探头2测量得到; E 为实测电场值,由评价装置的旋转电场探头1测量得到。当比例系数 D 保持在 1 ± 0.01 范围内的话,则认为此装置形成的均匀电场满足开展三维静电场仪校准的需求。

[0035] 将被校电场仪安装于三维旋转机构,使用专用夹具使其电场仪被校的方向矢量的探头与下极板形成完整的平面。三维旋转机构的固定台将被校三维电场仪、位移传感器固定,固定台底部连接联动轴的一端且联动轴的一端通过固定件连接至步进电机的输出轴,及中央处理器用于通过旋转变压器控制步进电机的输出轴转动,可进行X轴、Y轴、Z轴的不同方向转动,带动被校三维电场仪在开孔内旋转,并通过位移传感器获取固定台的位移,以分别监测电场仪不同方向矢量的电场强度。再利用激光测距仪测得上下极板的平面度、以及被校电场仪探头和下极板面、下极板与上极板之间的间距以及平行度。

[0036] 打开摄像监控结构,使其摄像头对准被校电场仪的数显面板,采集被校三维电场

仪显示的电场强度。通过直流高压电源控制器调节直流高压电源的输出值,不断逐步对上极板加高压,同时利用摄像监控结构记录不同输入高压下的被校电场仪上的电场强度显示值。

[0037] 基于激光测距仪所测得上下极板的距离 d 与直流高压电源的高压输出值 V ,利用公式 $E=V/d$ 求得标准电场的电场强度,最后与摄像监控结构记录的电场强度值进行对比被校电场仪的精确度,从而实现对不同静电场仪的校准。

[0038] 最终,摄像监控结构将用摄像头采集的电场仪面板的显示数据和比对结果上传给上位机,上位机读数电场仪上的数值并分析。

[0039] 综上,本发明利用直流高压电源和一对平行金属极板产生电场方向一致垂直向下的标准静电场,下极板中心区域设计三维可旋转机构,分别监测电场仪不同方向矢量的电场强度,其量值最终可溯源到直流高压标准。同时增加激光测距仪装置测量极板的尺寸和距离,整个校准装置外设计电池屏蔽箱,避免外部电磁干扰以及环境温湿度的影响。故本发明的校准装置能够满足三维静电场仪的校准需求,在计量校准机构使用,有很强的实用性。

[0040] 需要说明的是,以上说明仅是本发明的优选实施方式,应当理解,对于本领域技术人员来说,在不脱离本发明技术构思的前提下还可以做出若干改变和改进,这些都包括在本发明的保护范围内。

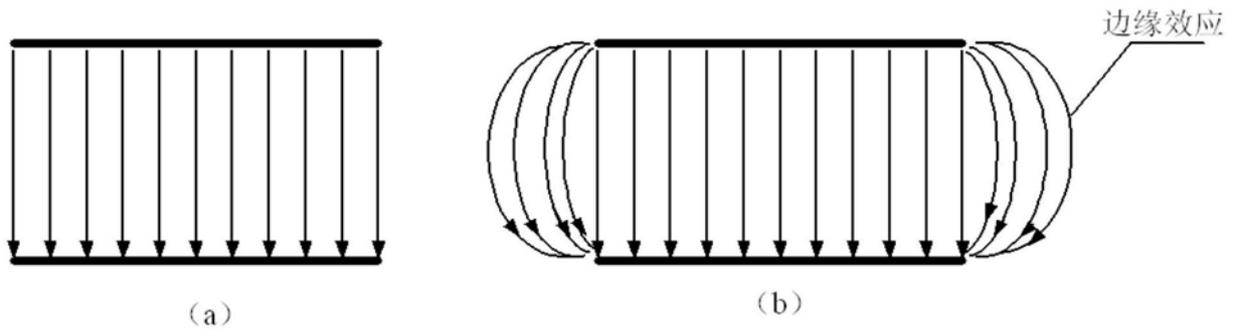


图1

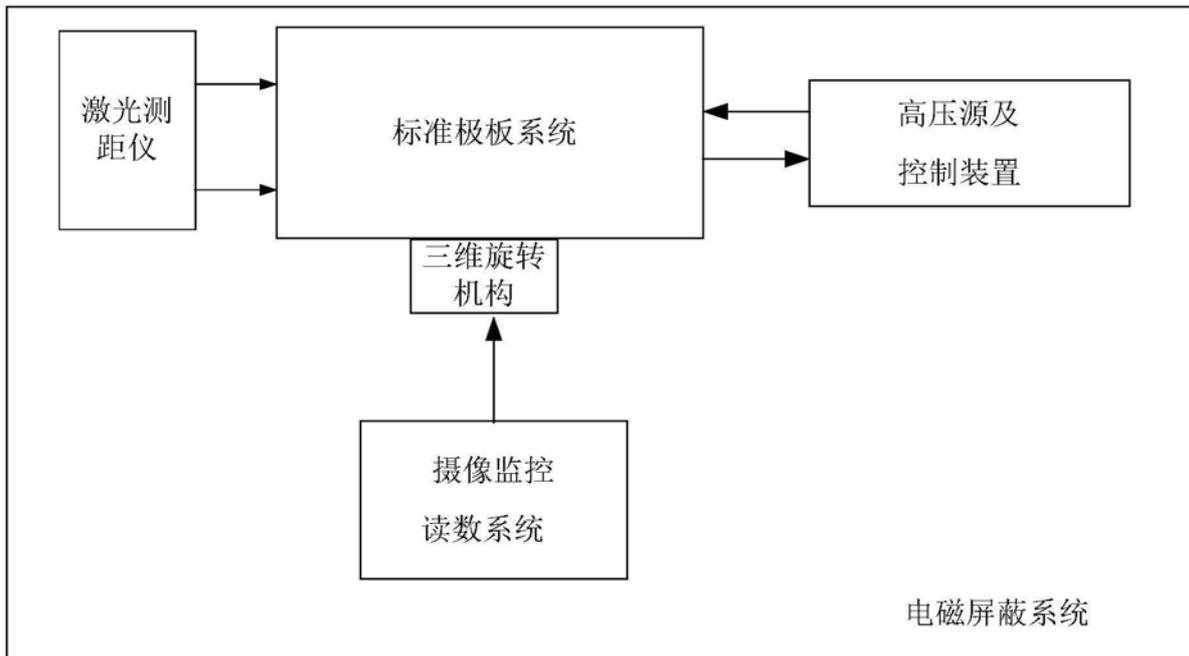


图2

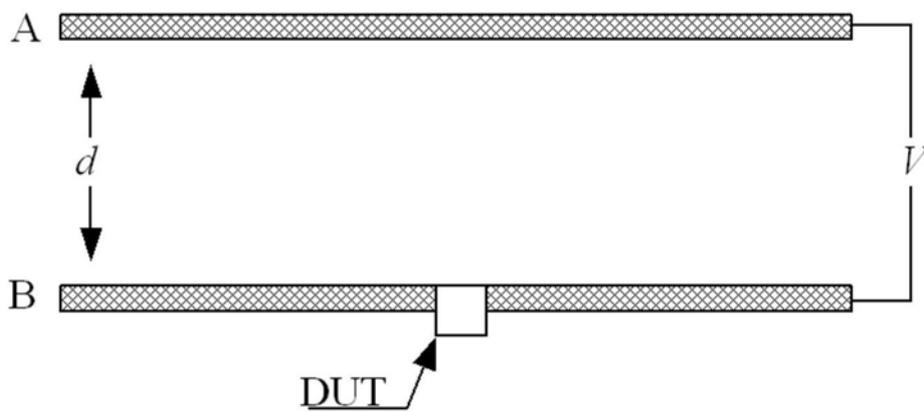


图3

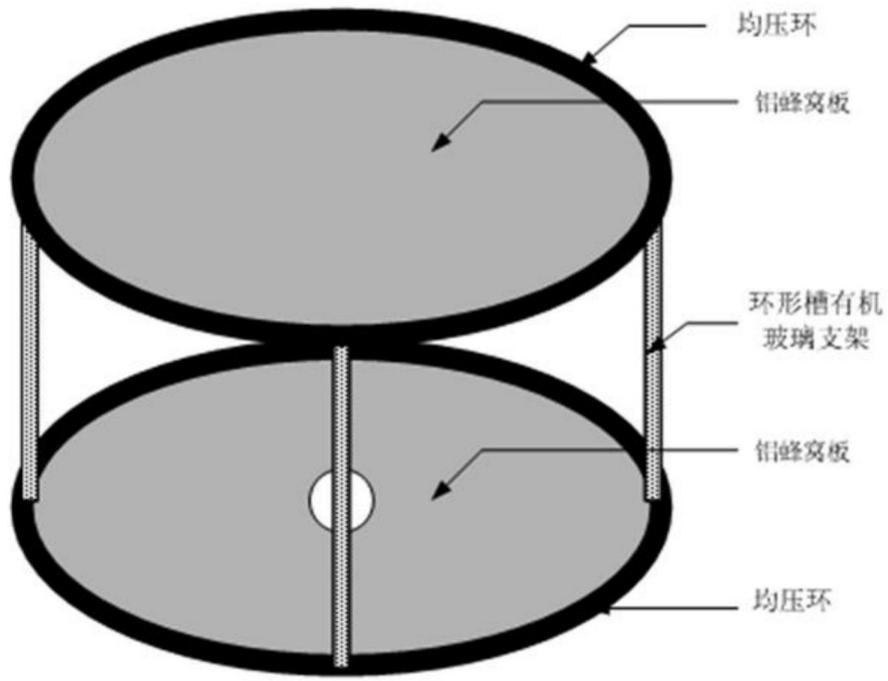


图4

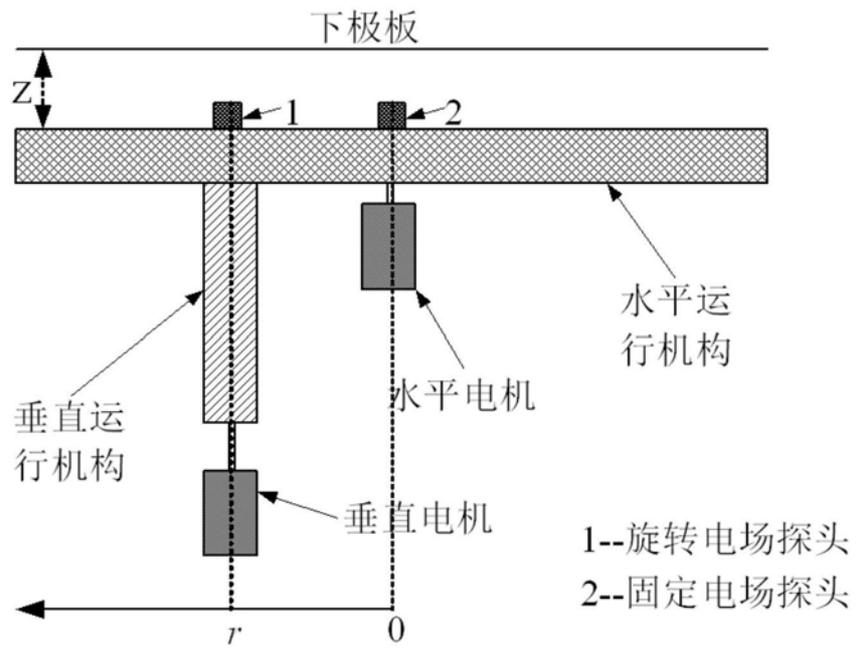


图5