(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119334593 A
(43)申请公布日 2025.01.21

(21)申请号 202411886488.2

(22)申请日 2024.12.20

(71)申请人 中国海洋大学
地址 266100 山东省青岛市崂山区松岭路238号

(72)发明人 曹飞飞 童瑶 韩蒙 刘冰 史宏达 张朔 易惜 吴宏建 李洋 郝树旺 张霄鹏

(74)专利代理机构 济南领升专利代理事务所(普通合伙) 37246
专利代理师 王吉勇

(51)Int.Cl.
G01M 10/00(2006.01)

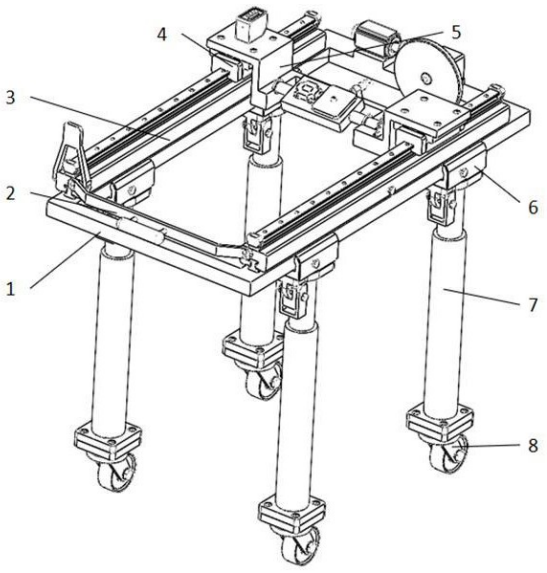
权利要求书2页 说明书7页 附图7页

(54)发明名称

系泊模型刚度标定装置及标定测量方法

(57)摘要

本发明属于海洋工程水动力试验领域,公开了一种系泊模型刚度标定装置及标定测量方法,标定装置包括固定机架,固定机架上安装机架导轨,机架导轨上安装滑动机架,滑动机架上安装滑台导轨,滑台导轨上安装滑块,滑块与滑台固定连接且能一同沿滑台导轨移动;滑台上一侧安装激光位移测距传感器,滑动机架一端安装有激光挡板;滑台上还安装有第一拉力传感器和测量转板;固定机架上还安装有与测量转板相对应的绳轮机构;测量转板上安装第二拉力传感器和倾角传感器;激光位移测距传感器、第一、第二拉力传感器和倾角传感器均通过数据线与数据采集器连接,数据采集器与数据处理控制系统相连。能够实现连续、两向、自动、精准测量。



CN 119334593 A

1.一种系泊模型刚度标定装置,其特征是,包括固定机架,所述固定机架上安装有机架导轨,机架导轨上安装有能沿其滑动的滑动机架,滑动机架上安装有滑台导轨,滑台导轨上安装有滑块,滑块与滑台固定连接,并能够一同沿滑台导轨移动;所述滑台上一侧安装有激光位移测距传感器,滑动机架一端上安装有与激光位移测距传感器相对应的激光挡板;所述滑台上还安装有第一拉力传感器和能够转动的测量转板;固定机架上还安装有与测量转板相对应的绳轮机构;所述测量转板上安装有第二拉力传感器和倾角传感器;所述激光位移测距传感器、第一拉力传感器、第二拉力传感器和倾角传感器均通过数据线与数据采集器连接,数据采集器与数据处理控制系统相连。

2.如权利要求1所述的系泊模型刚度标定装置,其特征是,所述固定机架上部为方形框架结构,方形框架结构通过支腿卡件安装于折叠伸缩支腿上,折叠伸缩支腿底部安装有万向轮;所述方形框架结构的左右侧框上分别安装有机架导轨;方形框架结构的后端框上安装有绳轮机构。

3.如权利要求1所述的系泊模型刚度标定装置,其特征是,所述滑动机架有两根,分别通过锁紧旋钮安装于两根机架导轨上,两根滑动机架的前端连接有拉手。

4.如权利要求1所述的系泊模型刚度标定装置,其特征是,所述滑台导轨有两根,分别安装在两根滑动机架上;滑块有两个,分别卡在滑台导轨上,并能通过锁紧旋钮锁紧。

5.如权利要求1所述的系泊模型刚度标定装置,其特征是,所述滑台导轨两端分别安装有防止滑块脱轨的导轨端盖。

6.如权利要求1所述的系泊模型刚度标定装置,其特征是,所述滑台为一个,其两端分别固定安装在两个滑块上;位于滑台导轨中间的滑台部分开有凹槽,测量转板的两端的转轴通过轴承安装于凹槽内,其中一端的转轴末端安装有定位齿轮,滑台设置有与定位齿轮相配合能限制测量转板的转动的定位卡键。

7.如权利要求1所述的系泊模型刚度标定装置,其特征是,所述绳轮机构包括安装在方形框架结构的后端框上的伺服电机,伺服电机的输出轴通过联轴器与齿轮箱的输入轴相连,齿轮箱的输入轴上安装有绳轮,绳轮上缠绕有绳。

8.如权利要求7所述的系泊模型刚度标定装置,其特征是,所述齿轮箱的输出轴上安装有转盘,转盘上布置有导缆孔。

9.如权利要求7所述的系泊模型刚度标定装置,其特征是,所述第一拉力传感器上设置有与绳轮相对应的绳孔;所述第二拉力传感器安装于测量转板上的开槽内,开槽上部安装有支板。

10.系泊模型刚度标定装置的标定测量方法,其特征是,包括:

A.测量滑动摩擦力:

不安装转盘,固定刚度标定装置位置及高度,绳轮引出细绳与第一拉力传感器相连,固定绳轮使其无法转动,拉动拉手,此时滑动机架相对于固定机架和滑台滑动,滑台在细绳牵引下相对于固定机架静止,第一拉力传感器采集到的拉力即为滑块和滑台导轨间的滑动摩擦力;

B.空气中系泊模型水平刚度标定:不安装转盘,将系泊模型末端锚点固定,系泊模型首端挂载于第二拉力传感器上,水平移动刚度标定装置,调节伸缩支腿改变刚度标定装置高度,使系泊挂点和锚点的水平距离和垂向距离与数值模拟计算得到的距离一致;数据处理

控制系统控制伺服电机工作,伺服电机驱动绳轮发生步进或连续转动,进而利用细绳带动滑台和滑块沿滑台导轨步进或连续滑动,激光位移测距传感器与激光挡板配合测量系泊挂点的水平位移量,同时,第一拉力传感器测量水平拉力,第二拉力传感器测量系泊轴向拉力,倾角传感器测量系泊轴向与水平方向夹角;测量得到系泊模型相应的位移和系泊轴向力,由系泊轴向力大小和系泊轴向与水平方向夹角可计算系泊挂点的水平力和垂向力,最后绘制系泊模型的位移-水平受力特性曲线,得到系泊模型的水平刚度特性;

C.空气中系泊模型垂向刚度标定:不安装转盘,通过旋转折叠伸缩支腿将刚度标定装置垂向布置,将系泊模型末端锚点固定,系泊模型首端挂载于第二拉力传感器上,水平移动刚度标定装置,调节伸缩支腿改变刚度标定装置高度,使系泊挂点和锚点的水平距离和垂向距离与数值模拟计算得到的距离一致;数据处理控制系统控制伺服电机工作,伺服电机驱动绳轮发生步进或连续转动,进而利用细绳带动滑台和滑块沿滑台导轨步进或连续滑动,激光位移测距传感器与激光挡板配合测量系泊挂点的垂向位移量,同时,第一拉力传感器测量垂向拉力,第二拉力传感器测量系泊轴向拉力,倾角传感器测量系泊轴向与水平方向夹角;测量得到系泊模型相应的位移和系泊轴向力,由系泊轴向力大小和系泊轴向与水平方向夹角可计算系泊挂点的水平力和垂向力,最后绘制系泊模型的位移-垂向受力特性曲线,得到系泊模型的垂向刚度特性;

D.水中系泊模型刚度标定:与空气中系泊模型刚度标定方法相同,将系泊模型和刚度标定装置放置于试验水池中,依次按照水平、垂向布置重复试验,测量得到水中系泊模型的水平、垂向刚度特性,无需额外设备和装置;

E.模拟浮式结构横摇和艏摇运动下系泊的动态响应:安装转盘,取下滑动机架、滑块、滑台、测量转板模块,将系泊模型末端锚点固定,系泊模型首端连接第三拉力传感器,拉力传感器挂载于转盘导缆孔上,水平移动刚度标定装置,调节伸缩支腿改变刚度标定装置高度,使系泊挂点和锚点的水平距离和垂向距离与数值模拟计算得到的距离一致;数据处理控制系统控制伺服电机工作,伺服电机驱动转盘在平面内往复转动,利用第三拉力传感器测量系泊轴向拉力,实现浮式结构横摇和艏摇运动下系泊模型的动态响应模拟。

系泊模型刚度标定装置及标定测量方法

技术领域

[0001] 本发明属于海洋工程水动力试验技术领域,具体涉及海洋工程浮式结构水池试验的系泊模型刚度标定装置及标定测量方法。

背景技术

[0002] 目前,海上的定位系统应用最普遍的是系泊系统,系泊系统特性包括静力特性和动力特性,对于动力特性模拟,主要考虑系泊缆几何参数(如直径、长度)和重量相似来实现,而静态特性反映了系泊系统的刚度特性,即系泊端点张力随着位置的变化而变化,这直接影响试验结果的精度,因此对于系泊静态特性标定的精度直接影响整个试验精度。

[0003] 现有的模型试验技术中,系泊模型刚度标定大多利用简单固定支架、拉力传感器、卷尺、刻度尺等工具,测量方式为:固定系泊末端锚点,将系泊首端挂载于支架上,根据设计和数模计算的系泊锚点和挂点的水平和垂向距离,确定支架的初始位置,移动支架使系泊挂点产生水平位移量,得到多个相应的轴向力,测量系泊悬浮段长度,由悬链线方程计算水平力分量,从而获得系泊系统的位移-载荷特性曲线。该测量方法设备简单,无需复杂的试验装置,仅凭人工操作即可完成,适用于仅有水平刚度标定要求的模型试验。

[0004] 然而,这种测量方法也存在一些局限性:

(1)各环节测量误差较大,数据多由人工测量而得,耗时耗力;

(2)测量装置适应性差,在空气中和水中,水平和垂向标定测量需要重新布置试验装置;

(3)测量得到的位移-载荷关系为散点数据,最终还需拟合曲线,无法实现连续测量。

[0005] 以上问题都会降低系泊系统的位移-载荷特性曲线绘制的精度,使试验结果可靠性下降。

[0006] 中国发明专利申请CN109839312A公开了一种空气中系泊缆静态刚度标定装置,垂直丝杆、垂直机架、墙面固定板、垂直滑台、水平机架、水平滑台、水平滚珠丝杆、伺服电机及驱动器、控制柜等。墙面固定板与墙体连接,固定板与垂直机架固定连接,在垂直机架上设置垂直滑块,丝杆的一端通过第一轴承组件与安装架连接,丝杆的另一端伸入电机安装座内并与第二轴承组件连接,主动轮轴通过传动组件与所述丝杆连接,水平机架与垂直滑块连接,水平滚珠丝杆的一端通过第一轴承组件与水平机架连接,水平滚珠丝杆的另一端伸入电机安装座内并与第二轴承组件连接,主动轮轴通过传动组件与所述丝杆连接,水平机架上设置水平滑块。该专利在系泊模型刚度测量时可实现系泊挂点的水平和垂向位移,并应用电机和滚珠丝杆完成了两向位移的自动化操作,提高了系泊刚度测量的效率和精度,但存在以下不足:(1)标定装置布置局限性较大,需固定在墙壁或外置支撑物上,且无法实现水下系泊刚度测量;(2)测量装置仅能完成系泊水平、垂直两向的刚度标定,无法模拟系泊在平台艏摇、横摇下的运动特性。

[0007] 中国发明专利申请CN119023178A公开了一种浮式平台系泊系统刚度的试验装置

及使用方法,包括浮式平台模型;至少三个机械绞盘,机械绞盘上缠绕有可收放的钢丝绳;多个所述钢丝绳的另一端绕过引导滑轮后并连接在浮式平台模型的同一个侧面上;所述钢丝绳上连接有能够测力的拉力传感器。该专利利用机械绞盘和钢丝绳强迫浮式平台运动,并应用六自由度陀螺仪识别浮式平台姿态,使浮式平台在单一自由度运动,降低了多自由度的影响,提高了系泊刚度测量的精度,但存在以下不足:(1)多个机械绞盘需固定在同一固定平台上,对于固定平台的布置要求较高,特别是在水下试验时;(2)拉力传感器布置在钢丝绳上,无法直接测量系泊拉力,且当钢丝绳与水平面存在夹角时需额外增加角度测量装置;(3)对于浮式平台的艏摇和横摇运动模拟,需重新考虑机械绞盘和固定平台的布置方式,测量较为复杂。

[0008] 中国发明专利申请CN109696293A公开了一种深海多柱式系泊浮式平台涡激运动水池试验装置,包括拖车、纵向运动导轨机构、横向运动导轨机构、艏摇转动机构、光学测量机构,以及用于安装浮式平台模型的顶板,所述拖车与横向运动导轨机构之间还设有确定纵向刚度的纵向弹性件,所述横向运动导轨机构与艏摇转动机构之间还设有确定横向刚度的横向弹性件,所述艏摇转动支架与连接主轴之间还设有确定转动刚度的弹性约束件。该专利利用导轨机构、艏摇转动机构及连接顶板可实现浮式平台的纵向、横向水平移动及艏摇运动的模拟,同时,利用拖车挂载试验装置可实现浮式平台水下平移、艏摇运动的模拟,为系泊刚度的标定提供了条件,但存在以下不足:(1)虽然实现了浮式平台的运动模拟,但对于系泊刚度的标定仍需额外增加测量设备,且该试验装置较为复杂,增加了系泊刚度标定的测量成本;(2)无法模拟系泊在平台垂荡、横摇下的运动特性。

[0009] 为了克服这些问题,亟需一个可应用于双向、多场景的系泊模型刚度标定的测量装置及方案,采用专门的机械装置进行位移及力的加载和控制,以提高试验方法的科学性和测量数据的可靠性。

发明内容

[0010] 本发明的目的是为克服上述现有技术的不足,提供一种系泊模型刚度标定装置及标定测量方法,其能够实现连续、两向、自动、精准测量,从而满足系泊模型刚度标定要求。

[0011] 为实现上述目的,本发明采用下述技术方案:

一种系泊模型刚度标定装置,包括固定机架,所述固定机架上安装有机架导轨,机架导轨上安装有能沿其滑动的滑动机架,滑动机架上安装有滑台导轨,滑台导轨上安装有滑块,滑块与滑台固定连接,并能够一同沿滑台导轨移动;所述滑台上一侧安装有激光位移测距传感器,滑动机架一端上安装有与激光位移测距传感器相对应的激光挡板;所述滑台上还安装有第一拉力传感器和能够转动的测量转板;固定机架上还安装有与测量转板相对应的绳轮机构;所述测量转板上安装有第二拉力传感器和倾角传感器;所述激光位移测距传感器、第一拉力传感器、第二拉力传感器和倾角传感器均通过数据线与数据采集器连接,数据采集器与数据处理控制系统相连。

[0012] 所述固定机架上部为方形框架结构,方形框架结构通过支腿卡件安装于折叠伸缩支腿上,折叠伸缩支腿底部安装有万向轮。

[0013] 所述方形框架结构的左右侧框上分别安装有机架导轨;方形框架结构的后端框上安装有绳轮机构。

[0014] 所述滑动机架有两根,分别通过锁紧旋钮安装于两根机架导轨上,两根滑动机架的前端连接有拉手。

[0015] 所述滑台导轨有两根,分别安装在两根滑动机架上;滑块有两个,分别卡在滑台导轨,并能通过锁紧旋钮锁紧。

[0016] 所述滑台导轨两端分别安装有防止滑块脱轨的导轨端盖。

[0017] 所述滑台为一个,其两端分别固定安装在两个滑块上。

[0018] 位于滑台导轨中间的滑台部分开有凹槽,测量转板的两端的转轴通过轴承安装于凹槽内,其中一端的转轴末端安装有定位齿轮,滑台设置有与定位齿轮相配合能限制测量转板的转动的定位卡键。

[0019] 所述绳轮机构包括安装在方形框架结构的后端框上的伺服电机,伺服电机的输出轴通过联轴器与齿轮箱的输入轴相连,齿轮箱的输入轴上安装有绳轮,绳轮上缠绕有绳。

[0020] 所述齿轮箱的输出轴上安装有转盘,转盘上布置有导缆孔。

[0021] 所述第一拉力传感器上设置有与绳轮相对应的绳孔。

[0022] 所述第二拉力传感器安装于测量转板上的开槽内,开槽上部安装有支板。

[0023] 一种系泊模型刚度标定装置的标定测量方法,包括:

A.测量滑动摩擦力:

不安装转盘,固定刚度标定装置位置及高度,绳轮引出细绳与第一拉力传感器相连,固定绳轮使其无法转动,拉动拉手,此时滑动机架相对于固定机架和滑台滑动,滑台在细绳牵引下相对于固定机架静止,第一拉力传感器采集到的拉力即为滑块和滑台导轨间的滑动摩擦力;

B.空气中系泊模型水平刚度标定:不安装转盘,将系泊模型末端锚点固定,系泊模型首端挂载于第二拉力传感器上,水平移动刚度标定装置,调节伸缩支腿改变刚度标定装置高度,使系泊挂点和锚点的水平距离和垂向距离与数值模拟计算得到的距离一致;数据处理控制系统控制伺服电机工作,伺服电机驱动绳轮发生步进或连续转动,进而利用细绳带动滑台和滑块沿滑台导轨步进或连续滑动,激光位移测距传感器与激光挡板配合测量系泊挂点的水平位移量,同时,第一拉力传感器测量水平拉力,第二拉力传感器测量系泊轴向拉力,倾角传感器测量系泊轴向与水平方向夹角;测量得到系泊模型相应的位移和系泊轴向力,由系泊轴向力大小和系泊轴向与水平方向夹角可计算系泊挂点的水平力和垂向力,最后绘制系泊模型的位移-水平受力特性曲线,得到系泊模型的水平刚度特性;

C.空气中系泊模型垂向刚度标定:不安装转盘,通过旋转折叠伸缩支腿将刚度标定装置垂向布置,将系泊模型末端锚点固定,系泊模型首端挂载于第二拉力传感器上,水平移动刚度标定装置,调节伸缩支腿改变刚度标定装置高度,使系泊挂点和锚点的水平距离和垂向距离与数值模拟计算得到的距离一致;数据处理控制系统控制伺服电机工作,伺服电机驱动绳轮发生步进或连续转动,进而利用细绳带动滑台和滑块沿滑台导轨步进或连续滑动,激光位移测距传感器与激光挡板配合测量系泊挂点的垂向位移量,同时,第一拉力传感器测量垂向拉力,第二拉力传感器测量系泊轴向拉力,倾角传感器测量系泊轴向与水平方向夹角;测量得到系泊模型相应的位移和系泊轴向力,由系泊轴向力大小和系泊轴向与水平方向夹角可计算系泊挂点的水平力和垂向力,最后绘制系泊模型的位移-垂向受力特性曲线,得到系泊模型的垂向刚度特性;

D.水中系泊模型刚度标定:与空气中系泊模型刚度标定方法相同,将系泊模型和刚度标定装置放置于试验水池中,依次按照水平、垂向布置重复试验,测量得到水中系泊模型的水平、垂向刚度特性,无需额外设备和装置;

E.模拟浮式结构横摇和艏摇运动下系泊的动态响应:安装转盘,取下滑动机架、滑块、滑台和测量转板,将系泊模型末端锚点固定,系泊模型首端连接第三拉力传感器,第三拉力传感器挂载于转盘导缆孔上,水平移动刚度标定装置,调节伸缩支腿改变刚度标定装置高度,使系泊挂点和锚点的水平距离和垂向距离与数值模拟计算得到的距离一致;数据处理控制系统控制伺服电机工作,伺服电机驱动转盘在平面内往复转动,利用第三拉力传感器测量系泊轴向拉力,实现浮式结构横摇和艏摇运动下系泊模型的动态响应模拟。

[0024] 本发明的有益效果是:

1、装置结构紧凑、合理,操作方便,根据系泊作业深度和位移要求,装置可实现升降和自动位移,减小人为干预;

2、测量准确,使用传感器采集数据,提高数据的精度和可靠度,排除人为因素的影响;

3、应用广泛,该装置既可用于空气中系泊刚度的标定,也可放置于水池中进行水中系泊刚度的标定,可满足水平和垂直两个方向的位移要求,装置还可用于模拟浮式结构横摇和艏摇运动下系泊的动态响应;

4、本发明利用滑台和拉力传感器,改进滑动摩擦测量方法,避免了手动施加匀速运动测量滑动摩擦的人为误差,使修正后的测量值更加精确,同时,利用伺服电机实现系泊点的连续位移,通过数据采集得到的位移-载荷关系能更加准确地反映系泊模型的特性。

附图说明

[0025] 图1为本发明整体结构示意图;

图2为本发明支撑部分示意图;

图3为本发明滑动部分示意图;

图4为本发明测量部分示意图;

图5为本发明测量部分去掉支板和倾角传感器示意图;

图6为本发明空气中系泊模型水平刚度标定测量示意图;

图7为本发明空气中系泊模型垂向刚度标定测量示意图;

图8为本发明模拟浮式结构横摇动态响应布置示意图;

图9为本发明模拟浮式结构艏摇动态响应布置示意图;

图10为本发明数据采集系统示意图;

其中,1-固定机架,2-拉手,3-滑动机架,4-滑块,5-滑台,6-支腿卡件,7-折叠伸缩支腿,8-万向轮,9-机架导轨,10-伺服电机,11-联轴器,12-绳轮,13-齿轮箱,14-转盘,15-激光挡板,16-滑台导轨,17-激光位移测距传感器,18-导轨端盖,19-轴承,20--测量转板,21-第一拉力传感器,22-绳孔,23-定位卡键,24-定位齿轮,25-支板,26-倾角传感器,27-第二拉力传感器,28-数据采集器,29-计算机主机,30-显示器。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0027] 本说明书附图所绘示的结构、比例、大小等,均仅用以配合说明书所揭示的内容,以供熟悉此技术的人士了解与阅读,并非用以限定本发明可实施的限定条件,故不具技术上的实质意义,任何结构的修饰、比例关系的改变或大小的调整,在不影响本发明所能产生的功效及所能达成的目的下,均应仍落在本发明所揭示的技术内容涵盖的范围内。同时,本说明书中所引用的如“上”、“下”、“左”、“右”、“中间”及“一”等的用语,亦仅为便于叙述的明了,而非用以限定本发明可实施的范围,其相对关系的改变或调整,在无实质变更技术内容下,当亦视为本发明可实施的范畴。

[0028] 如图1-图10所示,系泊模型刚度标定装置,包括系泊模型刚度标定装置主体和数据采集分析系统。

[0029] 其中,固定机架1上安装有机架导轨9,机架导轨9与固定机架1由内六角螺栓固定连接,机架导轨9上配合安装滑动机架3,滑动机架3端部由螺栓与拉手2连接,拉动拉手2可使滑动机架3沿机架导轨9滑动,利用滑动机架3的锁紧旋钮可将滑动机架3位置固定,滑动机架3上安装有滑台导轨16,滑台导轨16与滑动机架3由内六角螺栓固定连接,滑台导轨16上配合安装滑块4,滑块4与滑台5由内六角螺栓固定连接,滑台5与滑块4一同可沿滑台导轨16滑动,利用滑块4的锁紧旋钮可将滑块4与滑台5的位置固定,滑台导轨16两端安装导轨端盖18,防止滑块4脱轨。

[0030] 固定机架1后端布置有伺服电机10、齿轮箱13,伺服电机10和齿轮箱13由联轴器11连接,齿轮箱13有一输入端和一输出端,输入转轴上安装有绳轮12,输出端安装有转盘14,转盘14上布置有导缆孔。

[0031] 滑台5上开有凹槽,凹槽内对应安装三个轴承19和一个定位卡键23,测量转板20的转轴与轴承19配合安装,测量转板20可绕转轴转动,测量转板20的转轴一端安装有定位齿轮24,定位齿轮24与滑台5上的定位卡键23配合可限制测量转板20的转动,第一拉力传感器21由内六角螺栓固定在绳孔22后方,第二拉力传感器27由内六角螺栓固定在支板25下方,倾角传感器26由内六角螺栓固定在测量转板20上,激光位移测距传感器17安装在滑台5左侧,激光挡板15由内六角螺栓固定在滑动机架3左机架前端。

[0032] 固定机架1下方有四组折叠伸缩支腿7作为支撑,折叠伸缩支腿7与支腿卡件6由内六角螺栓固定连接,支腿卡件6卡接在固定机架1下方,折叠伸缩支腿7可沿轴向伸缩或固定位置,也可通过弧形槽口机构沿转轴在直角范围内转动,折叠伸缩支腿7底部安装有万向轮8,万向轮8可在水平面内转向或固定。

[0033] 系泊模型首端挂载于第二拉力传感器27上,齿轮箱输入轴上绳轮12引出细绳与第一拉力传感器21相连;

激光位移测距传感器17、第一拉力传感器21、倾角传感器26和第二拉力传感器27均通过数据线与数据采集器28连接,数据采集器28采集到传感器输出的模拟信号并将其转化为数字信号,再将数字信号传输至计算机主机29,实现数据的自动连续采集分析,计算机主机29与显示器30相连。

[0034] 本发明的具体工作过程如下:

测量滑动摩擦力:不安装转盘14,固定刚度标定装置位置及高度,绳轮12引出细绳

与第一拉力传感器21相连,固定绳轮12使其无法转动,拉动拉手2,此时滑动机架3相对于固定机架1和滑台5滑动,滑台5在细绳牵引下相对于固定机架1静止,第一拉力传感器21采集到的拉力即为滑块4和滑台导轨16间的滑动摩擦力。

[0035] 空气中系泊模型水平刚度标定:如图6,不安装转盘14,将系泊模型末端锚点固定,系泊模型首端挂载于第二拉力传感器27上,水平移动刚度标定装置,调节伸缩支腿改变刚度标定装置高度,使系泊挂点和锚点的水平距离和垂向距离与数值模拟计算得到的距离一致;通过操作台计算机的人机界面给出操作指令,经串口通讯,PLC控制器接收控制指令,控制伺服电机10工作,伺服电机10驱动绳轮12发生步进或连续转动,进而利用细绳带动滑台5和滑块4沿滑台导轨16步进或连续滑动,激光位移测距传感器17与激光挡板15配合测量系泊挂点的水平位移量。同时,第一拉力传感器21测量水平拉力,第二拉力传感器27测量系泊轴向拉力,倾角传感器26测量系泊轴向与水平方向夹角;测量得到系泊模型相应的位移和系泊轴向力,由系泊轴向力大小和系泊轴向与水平方向夹角可计算系泊挂点的水平力和垂向力,最后绘制系泊模型的位移-水平受力特性曲线,得到系泊模型的水平刚度特性;

空气中系泊模型垂向刚度标定:如图7,不安装转盘14,通过旋转折叠伸缩支腿7将刚度标定装置垂向布置,将系泊模型末端锚点固定,系泊模型首端挂载于第二拉力传感器27上,水平移动刚度标定装置,调节伸缩支腿改变刚度标定装置高度,使系泊挂点和锚点的水平距离和垂向距离与数值模拟计算得到的距离一致。通过操作台计算机的人机界面给出操作指令,经串口通讯,PLC控制器接收控制指令,控制伺服电机10工作,伺服电机10驱动绳轮12发生步进或连续转动,进而利用细绳带动滑台5和滑块4沿滑台导轨16步进或连续滑动,激光位移测距传感器17与激光挡板15配合测量系泊挂点的垂向位移量。同时,第一拉力传感器21测量垂向拉力,第二拉力传感器27测量系泊轴向拉力,倾角传感器26测量系泊轴向与水平方向夹角;测量得到系泊模型相应的位移和系泊轴向力,由系泊轴向力大小和系泊轴向与水平方向夹角可计算系泊挂点的水平力和垂向力,最后绘制系泊模型的位移-垂向受力特性曲线,得到系泊模型的垂向刚度特性。

[0036] 水中系泊模型刚度标定:与空气中系泊模型刚度标定方法相同,将系泊模型和刚度标定装置放置于试验水池中,依次按照水平、垂向布置重复试验,测量得到水中系泊模型的水平、垂向刚度特性,无需额外设备和装置。

[0037] 模拟浮式结构横摇和艏摇运动下系泊的动态响应:如图8、图9,安装转盘14,取下滑动测量部分(包括滑动机架3、滑块4、滑台5、测量转板20等),将系泊模型末端锚点固定,系泊模型首端连接第三拉力传感器,第三拉力传感器挂载于转盘14的导缆孔上,水平移动刚度标定装置,调节伸缩支腿改变刚度标定装置高度,使系泊挂点和锚点的水平距离和垂向距离与数值模拟计算得到的距离一致;通过操作台计算机的人机界面给出操作指令,经串口通讯,PLC控制器接收控制指令,控制伺服电机10工作,伺服电机10驱动转盘14在平面内往复转动,利用第三拉力传感器测量系泊轴向拉力,实现浮式结构横摇和艏摇运动下系泊模型的动态响应模拟;图8、图9分别为横摇和艏摇模拟布置示意图;

综上所述,本发明所提出的海洋工程浮式结构水池试验的系泊模型刚度标定装置,可以实现系泊模型刚度标定的连续、两向、自动、精准测量。

[0038] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述,但并非对本发明保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本发明的技术方案的基础上,本领域技术人员不

需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

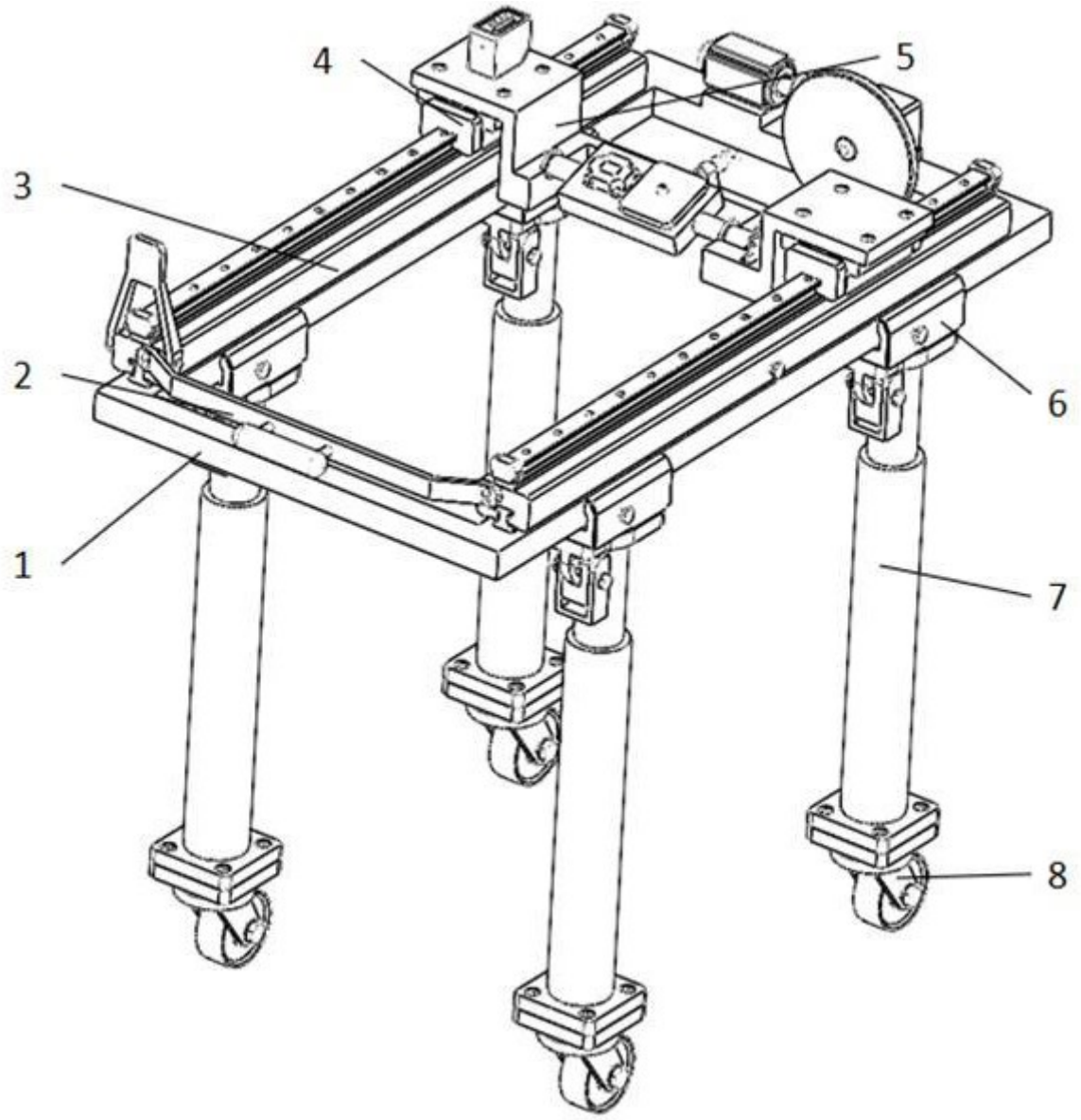


图 1

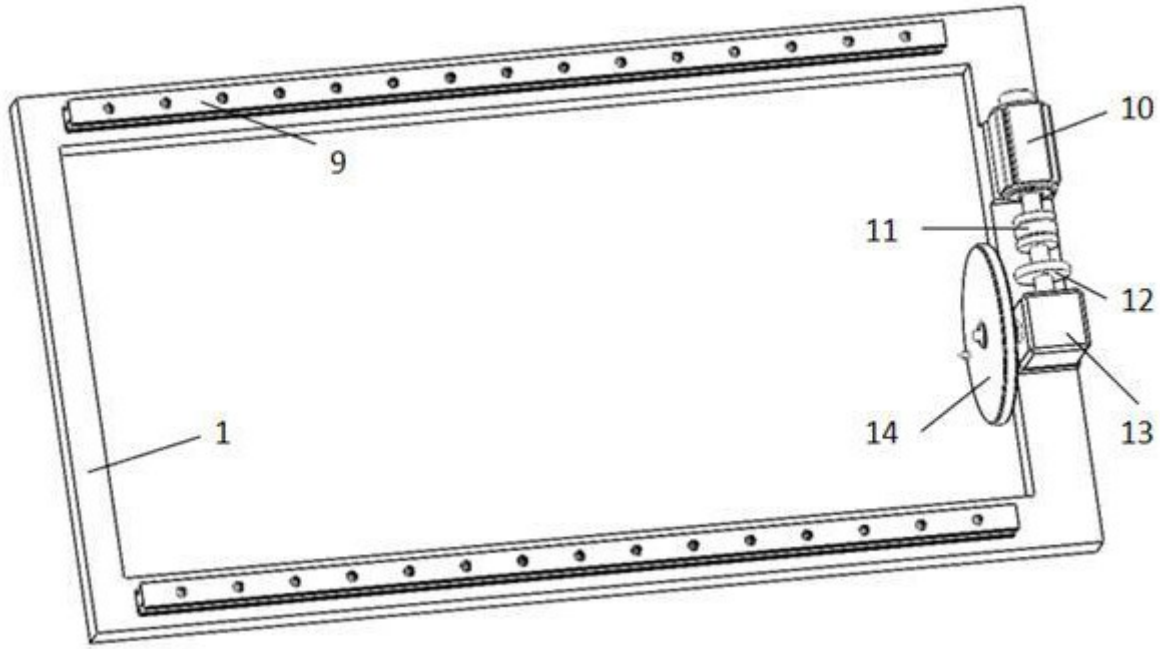


图 2

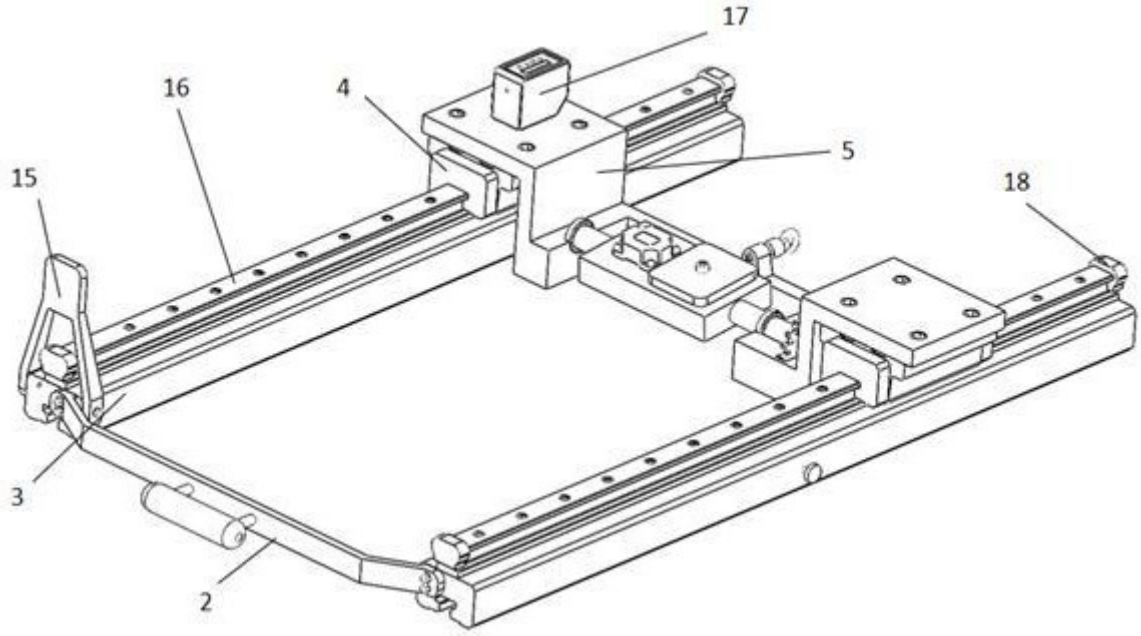


图 3

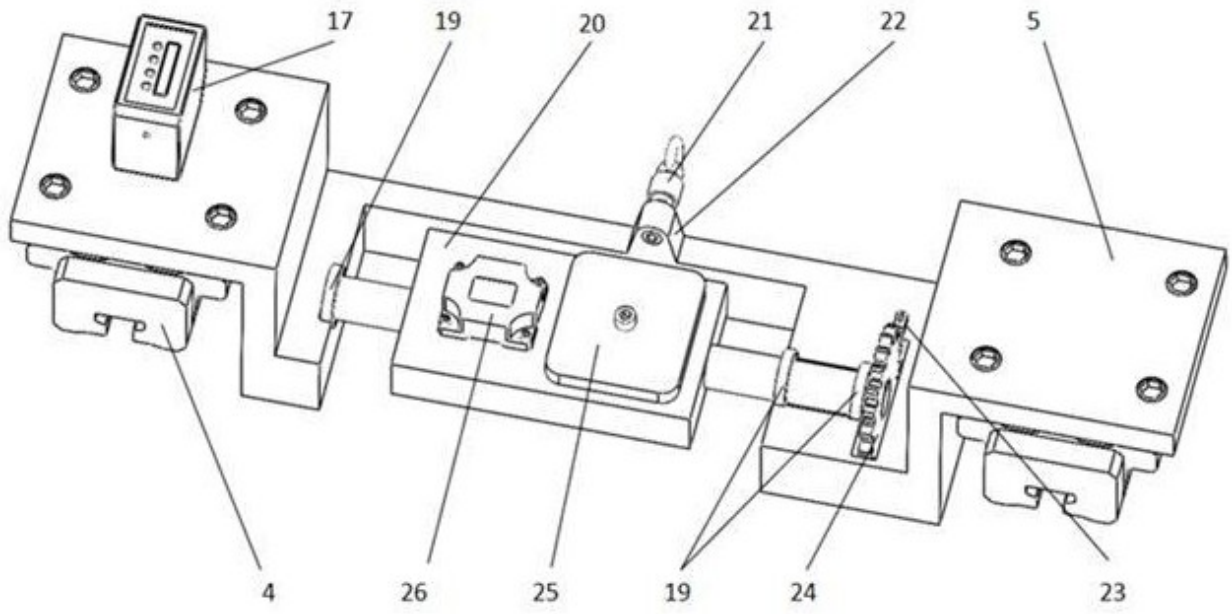


图 4

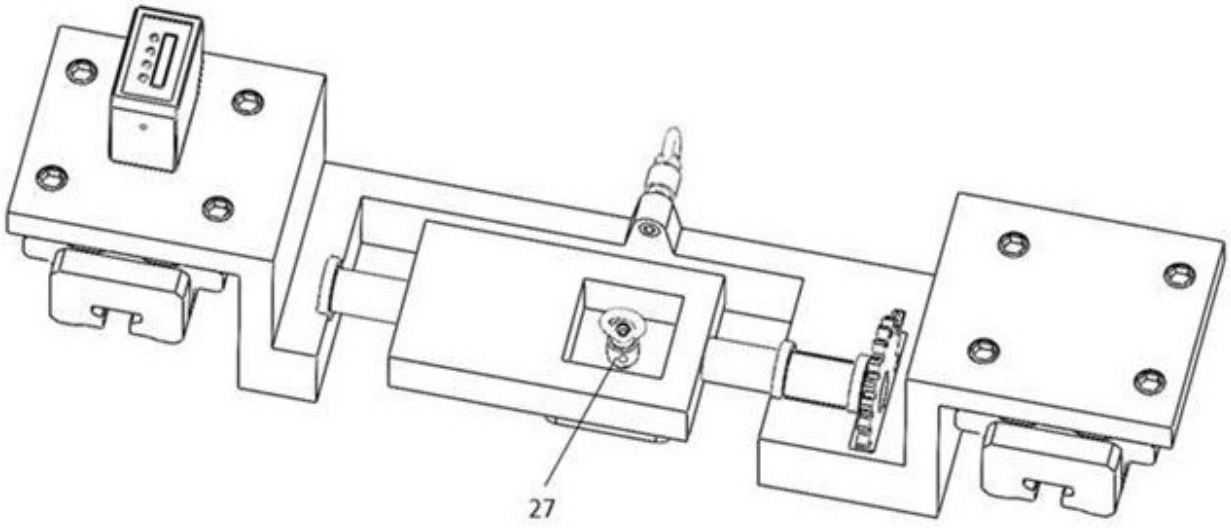


图 5

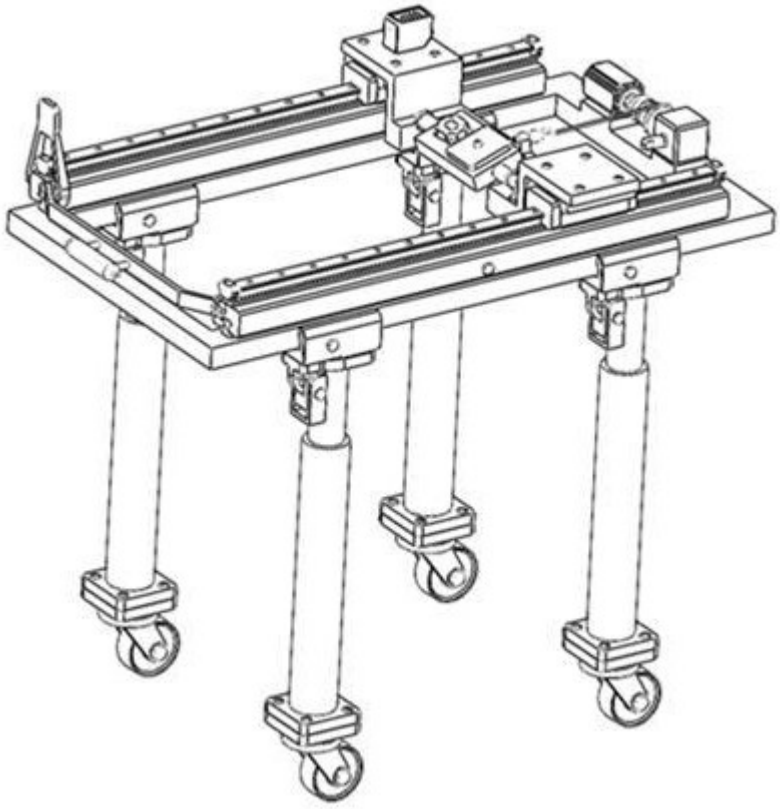


图 6

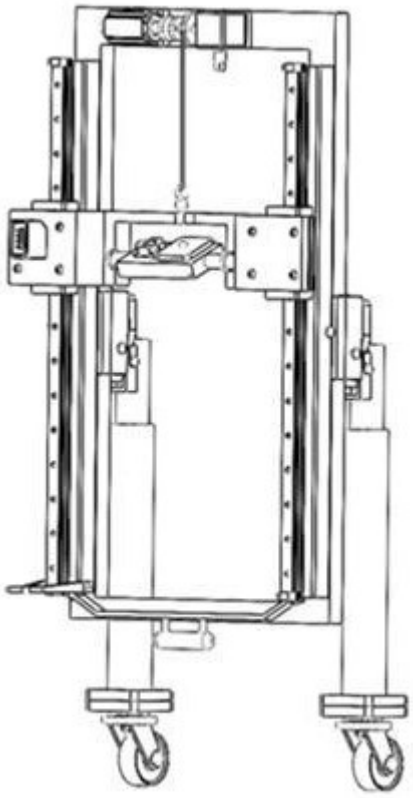


图 7

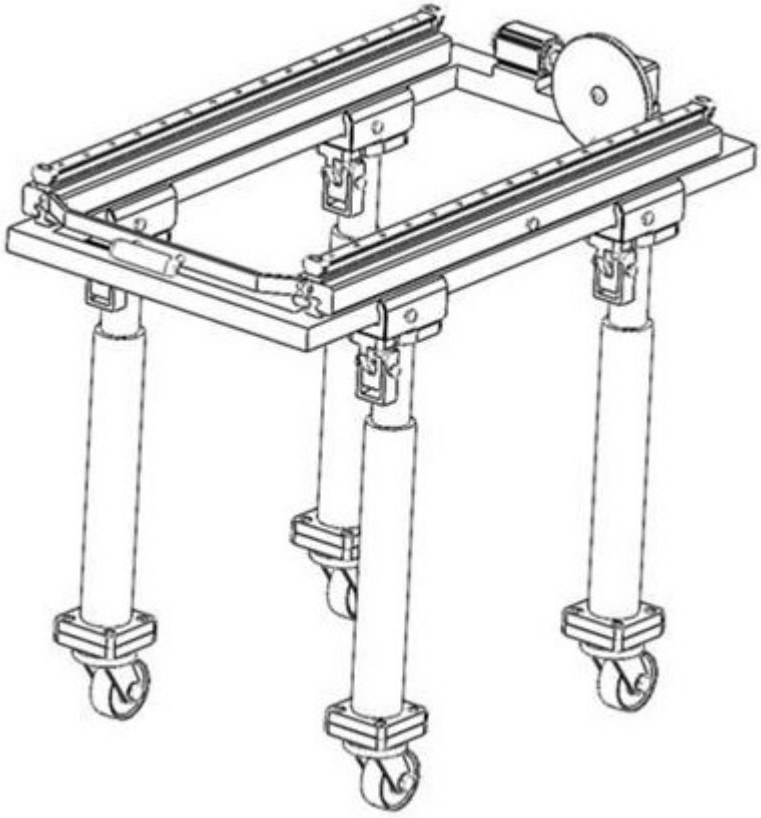


图 8

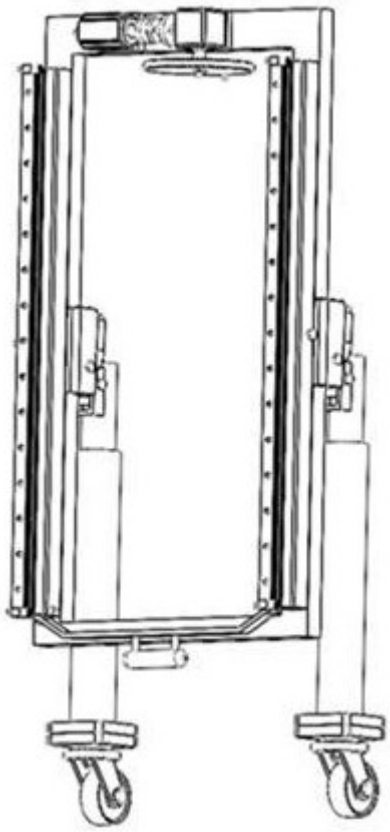


图 9

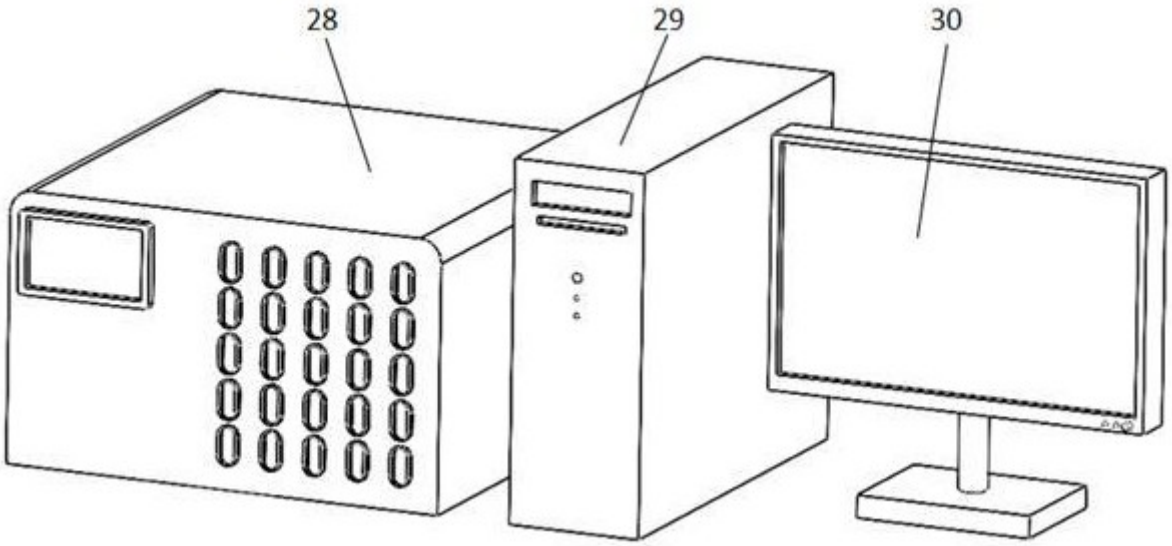


图 10