



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115354641 A

(43) 申请公布日 2022. 11. 18

(21) 申请号 202211114129.6

(22) 申请日 2022.09.14

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 汪宁 漆文刚 张琪 师玉敏
高福平

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390
专利代理师 胡剑辉

(51) Int. Cl.

E02D 1/00 (2006.01)

E02D 33/00 (2006.01)

E02B 1/02 (2006.01)

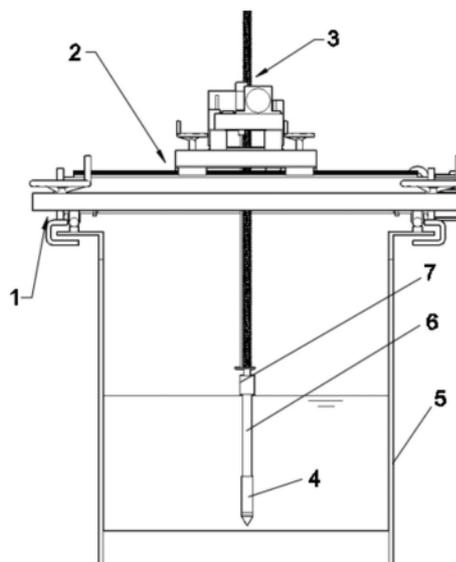
权利要求书2页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

一种基于波流环境模拟的水下静力触探贯入试验装置和试验方法

(57) 摘要

本发明实施例公开了一种基于波流环境模拟的水下静力触探贯入试验装置和试验方法,试验装置包括安装部,移动机构,推进机构,以及连接于推进机构的移动端上的测量探头;其中,移动机构在安装部上沿与竖直方向相垂直的面上可移动地设置;推进机构至少包括驱动结构和移动丝杠组件,且驱动结构与移动丝杠组件之间通过变速结构连接;移动机构上还设置有用于记录位移并输出位移信号的位移测量结构,位移测量结构与推进机构之间通过位移变速结构连接,且位移变速结构用于将推进机构的移动位移放大后传递至位移测量结构上。实现了测量位置的精确定位,并不额外采用精密检测设备的基础上,有效地实现密集测试密度的测量需求。



1. 一种基于波流环境模拟的水下静力触探贯入试验装置,其特征在于,包括安装部(1),设置于所述安装部(1)上的移动机构(2),至少部分沿竖直方向可移动地安装于所述移动机构(2)上的推进机构(3),以及连接于所述推进机构(3)的移动端上的测量探头(4);其中,

所述移动机构(2)在所述安装部(1)上沿与竖直方向相垂直的面上可移动地设置;

所述推进机构(3)至少包括驱动结构和移动丝杠组件(32),且所述驱动结构与所述移动丝杠组件(32)之间通过变速结构连接;

所述移动机构(2)上还设置有用于记录位移并输出位移信号的位移测量结构(20),所述位移测量结构(20)与所述推进机构(3)之间通过位移变速结构连接,且所述位移变速结构用于将所述推进机构(3)的移动位移放大后传递至所述位移测量结构(20)上。

2. 根据权利要求1所述的一种水下静力触探贯入试验装置,其特征在于,所述安装部(1)包括沿水槽(5)的其中一组侧边的延伸方向延伸形成的纵向导轨(11),所述移动机构(2)包括能够在所述纵向导轨(11)中滑移的纵向支架(21),所述纵向支架(21)上形成有延伸方向与所述纵向导轨(11)形成有夹角的横向导轨(22),所述横向导轨(22)中可移动地设置有横向支架(23);且,

所述纵向支架(21)上通过轴杆传动件(28)连接有第一驱动电机(25),所述横向支架(23)上通过螺杆传动件(24)连接有第二驱动电机(27),所述第一驱动电机(25)用于带动所述纵向支架(21)在所述纵向导轨(11)上移动,所述第二驱动电机(27)用于带动所述横向支架(23)在所述横向导轨(22)上移动。

3. 根据权利要求2所述的一种水下静力触探贯入试验装置,其特征在于,所述推进机构(3)设置于所述横向支架(23)上;且,

所述纵向支架(21)与所述纵向导轨(11)之间,和/或所述横向支架(23)与所述横向导轨(22)之间各自设置有移动紧定结构(26),所述移动紧定结构(26)用于固定或松开所述纵向支架(21)与所述纵向导轨(11)和/或所述横向支架(23)与所述横向导轨(22)。

4. 根据权利要求1-3中任意一项所述的一种水下静力触探贯入试验装置,其特征在于,所述驱动结构为设置于所述移动机构(2)上的贯入电机(31);

所述变速结构包括与所述贯入电机(31)同轴连接的蜗杆(271),与所述蜗杆(271)啮合连接的涡轮(272),且所述涡轮(272)与所述移动丝杠组件(32)同轴连接;

所述蜗杆(271)与所述涡轮(272)的轴线方向相垂直设置。

5. 根据权利要求4所述的一种水下静力触探贯入试验装置,其特征在于,所述涡轮(272)的内表面形成有内螺纹,所述移动丝杠组件(32)至少部分同轴贯穿所述涡轮(272)且与所述内螺纹相螺接,以使得所述涡轮(272)自转能够带动所述移动丝杠组件(32)沿竖直方向移动。

6. 根据权利要求1-3中任意一项所述的一种水下静力触探贯入试验装置,其特征在于,所述位移变速结构包括同轴连接的上线轴(281)和下线轴(282),缠绕所述上线轴(281)的上引线(283),以及缠绕所述下线轴(282)的下引线(284);且,

所述上线轴(281)的外径大于所述下线轴(282)的外径;

所述上引线(283)的活动端与所述位移测量结构(20)连接,所述下引线(284)的活动端与所述移动丝杠组件(32)连接。

7. 根据权利要求6所述的一种水下静力触探贯入试验装置,其特征在于,所述位移变速结构还包括轴线与所述上线轴(281)和/或所述下线轴(282)的轴线方向相平行的导引螺杆(285),所述导引螺杆(285)上可自转地设置有上导引轮(286)和下导引轮(287),所述上引线(283)的活动端环绕至少部分所述上导引轮(286)后连接于所述位移测量结构(20)上,所述下引线(284)的活动端环绕至少部分所述下导引轮(287)后连接于所述移动丝杠组件(32)上;

且所述上线轴(281)和所述下线轴(282)配合形成的轴体的其中一端连接有发条弹簧(288),另一端连接有绕线齿轮(289),所述导引螺杆(285)中与设置绕线齿轮(289)的一端相对应的一端上连接有导引齿轮(290),所述绕线齿轮(289)与所述导引齿轮(290)啮合。

8. 根据权利要求1-3中任意一项所述的一种水下静力触探贯入试验装置,其特征在于,所述贯入机构(3)的移动端与所述测量探头(4)之间通过探杆(6)连接,所述探杆(6)的外部围合设置有接头组件(7);其中,

所述探杆(6)中连接所述贯入机构(3)的一端套接设置于所述贯入机构(3)的外部,且所述探杆(6)上沿径向方向形成有多个沿周向方向排布的通孔(61);

所述贯入机构(3)的移动端自中心向外延伸形成为多片止挡片(33),且多片所述止挡片(33)之间形成有抵触间隙(34),所述接头组件(7)由多块弧形箍块(71)围合形成为套筒结构,且相邻的两块所述弧形箍块(71)之间通过弹性箍圈(72)连接,每块所述弧形箍块(71)上各自形成有一根能够贯穿所述通孔(61)并延伸至所述抵触间隙(34)中的顶柱(73),以使得转动所述探杆(6)或所述贯入机构(3)能够使所述顶柱(73)进入或离开所述抵触间隙(34)。

9. 根据权利要求8所述的一种水下静力触探贯入试验装置,其特征在于,所述弧形箍块(71)的其中一个侧面形成为弧面,另一个侧面形成为平面。

10. 一种基于波流环境模拟的水下静力触探贯入试验方法,其特征在于,采用根据权利要求9所述的一种水下静力触探贯入试验装置,所述方法包括:

S100、启动贯入机构,将贯入机构移动至水槽上方后,将部分探杆套接贯入机构的移动端;

S200、沿与弧形箍块的弧面的延伸方向相一致的方向转动贯入机构将顶柱的端部推入通孔中,完成弧形箍块的张开;

S300、将探杆朝向贯入机构推动,使得探杆完全套接贯入机构后,沿与步骤S200相反的方向转动贯入机构,使顶柱的端部进入抵触间隙后,完成探杆与贯入机构的固定连接;

S400、启动驱动结构,将测量探头沿竖直方向移动至待测土体模型表面附近,完成竖直方向上的初步定位;

S500、通过移动机构进行移动,完成水平面方向上的位置的定位;

S600、启动驱动结构,将测量探头沿竖直方向压入待测土体模型,完成竖直方向上的精准定位后,开启静力触探测试;

S700、待静力触探测试结束后,启动驱动结构,将测量探头移动至待测土体外部;

S800、可选择地重复步骤S500-S700不少于一次;

S900、启动驱动结构,将测量探头完全提出。

一种基于波流环境模拟的水下静力触探贯入试验装置和试验方法

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及水下土工原位测试技术领域,具体涉及一种基于波流环境模拟的水下静力触探贯入试验装置和试验方法。

背景技术

[0002] 圆锥静力触探(CPT)和孔压静力触探(CPTU)是土工原位测试的重要手段之一,其通过对锥尖阻力、侧壁阻力以及超静孔隙水压的消散特征以判断土体强度、粘土固结度等物理力学参数沿深度的分布情况。该测试技术已经在工程领域有广泛的应用。

[0003] 流固土耦合试验技术是实验室模拟波流水动力环境、地基土体以及工程结构之间耦合作用的有效手段。在使用水槽开展上述试验时,需要使用上述静力触探手段对试验土体模型物理力学参数进行测定。通过分析测试结果,可以对制备土体强度进行校核验证,同时也可即时判断粉质土体在波浪作用下的液化深度。

[0004] 然而,与目前工程上使用的静力触探贯入设备不同,在试验中开展静力触探试验对贯入设备有更严格、更特殊的技术要求。目前在陆上勘察作业中所广泛采用的贯入设备已经不能满足水槽试验的测试需求。

发明内容

[0005] 为此,本发明实施例提供一种基于波流环境模拟的水下静力触探贯入试验装置和试验方法,通过移动机构和贯入机构的配合设置,完成测量位置的精确定位,并基于位移变速结构的引入,在不额外采用精密检测设备的基础上,有效地实现密集测试密度的测量需求。

[0006] 为了实现上述目的,本发明的实施方式提供如下技术方案:

[0007] 在本发明实施例的一个方面,提供了一种基于波流环境模拟的水下静力触探贯入试验装置,包括安装部,设置于所述安装部上的移动机构,至少部分沿竖直方向可移动地安装于所述移动机构上的贯入机构,以及连接于所述贯入机构的移动端上的测量探头;其中,

[0008] 所述移动机构在所述安装部上沿与竖直方向相垂直的面上可移动地设置;

[0009] 所述贯入机构至少包括驱动结构和移动丝杠组件,且所述驱动结构与所述移动丝杠组件之间通过变速结构连接;

[0010] 所述移动机构上还设置有用于记录位移并输出位移信号的位移测量结构,所述位移测量结构与所述贯入机构之间通过位移变速结构连接,且所述位移变速结构用于将所述贯入机构的移动位移放大后传递至所述位移测量结构上。

[0011] 作为本发明的一种优选方案,所述安装部包括沿水槽的其中一组侧边的延伸方向延伸形成的纵向导轨,所述移动机构包括能够在所述纵向导轨中滑移的纵向支架,所述纵向支架上形成有延伸方向与所述纵向导轨形成有夹角的横向导轨,所述横向导轨中可移动地设置有横向支架;且,

[0012] 所述纵向支架上通过轴杆传动件连接有第一驱动电机,所述横向支架上通过螺杆传动件连接有第二驱动电机,所述第一驱动电机用于带动所述纵向支架在所述纵向导轨上移动,所述第二驱动电机用于带动所述横向支架在所述横向导轨上移动。

[0013] 作为本发明的一种优选方案,所述贯入机构设置于所述横向支架上;且,

[0014] 所述纵向支架与所述纵向导轨之间,和/或所述横向支架与所述横向导轨之间各自设置有移动紧定结构,所述移动紧定结构用于固定或松开所述纵向支架与所述纵向导轨和/或所述横向支架与所述横向导轨。

[0015] 作为本发明的一种优选方案,所述驱动结构为设置于所述移动机构上的贯入电机;

[0016] 所述变速结构包括与所述贯入电机同轴连接的蜗杆,与所述蜗杆啮合连接的涡轮,且所述涡轮与所述移动丝杠组件同轴连接;

[0017] 所述蜗杆与所述涡轮的轴线方向相垂直设置。

[0018] 作为本发明的一种优选方案,所述涡轮的内表面形成有内螺纹,所述移动丝杠组件至少部分同轴贯穿所述涡轮且与所述内螺纹相螺接,以使得所述涡轮自转能够带动所述移动丝杠组件沿竖直方向移动。

[0019] 作为本发明的一种优选方案,所述位移变速结构包括同轴连接的上线轴和下线轴,缠绕所述上线轴的上引线,以及缠绕所述下线轴的下引线;且,

[0020] 所述上线轴的外径大于所述下线轴的外径;

[0021] 所述上引线的活动端与所述位移测量结构连接,所述下引线的活动端与所述移动丝杠组件连接。

[0022] 作为本发明的一种优选方案,所述位移变速结构还包括轴线与所述上线轴和/或所述下线轴的轴线方向相平行的导引螺杆,所述导引螺杆上可自转地设置有上导引轮和下导引轮,所述上引线的活动端环绕至少部分所述上导引轮后连接于所述位移测量结构上,所述下引线的活动端环绕至少部分所述下导引轮后连接于所述移动丝杠组件上;

[0023] 且所述上线轴和所述下线轴配合形成的轴体的其中一端连接有发条弹簧,另一端连接有绕线齿轮,所述导引螺杆中与设置绕线齿轮的一端相对应的一端上连接有导引齿轮,所述绕线齿轮与所述导引齿轮啮合。

[0024] 作为本发明的一种优选方案,所述贯入机构的移动端与所述测量探头之间通过探杆连接,所述探杆的外部围合设置有接头组件;其中,

[0025] 所述探杆中连接所述贯入机构的一端套接设置于所述贯入机构的外部,且所述探杆上沿径向方向形成有多个沿周向方向排布的通孔;

[0026] 所述贯入机构的移动端自中心向外延伸形成为多片止挡片,且多片所述止挡片之间形成有抵触间隙,所述接头组件由多块弧形箍块围合形成为套筒结构,且相邻的两块所述弧形箍块之间通过弹性箍圈连接,每块所述弧形箍块上各自形成有一根能够贯穿所述通孔并延伸至所述抵触间隙中的顶柱,以使得转动所述探杆或所述贯入机构能够使所述顶柱进入或离开所述抵触间隙。

[0027] 作为本发明的一种优选方案,所述弧形箍块的其中一个侧面形成为弧面,另一个侧面形成为平面。

[0028] 在本发明实施例的另一个方面,还提供了一种基于波流环境模拟的水下静力触探

贯入试验方法,采用根据上述所述的一种水下静力触探贯入试验装置,所述方法包括:

[0029] S100、启动贯入机构,将贯入机构移动至水槽上方后,将部分探杆套接贯入机构的移动端;

[0030] S200、沿与弧形箍块的弧面的延伸方向相一致的方向转动贯入机构将顶柱的端部推入通孔中,完成弧形箍块的张开;

[0031] S300、将探杆朝向贯入机构推动,使得探杆完全套接贯入机构后,沿与步骤S200相反的方向转动贯入机构,使顶柱的端部进入抵触间隙后,完成探杆与贯入机构的固定连接;

[0032] S400、启动驱动结构,将测量探头沿竖直方向移动至待测土体模型表面附近,完成竖直方向上的初步定位;

[0033] S500、通过移动机构进行移动,完成水平面方向上的位置的定位;

[0034] S600、启动驱动结构,将测量探头沿竖直方向压入待测土体模型,完成竖直方向上的精准定位后,开启静力触探测试;

[0035] S700、待静力触探测试结束后,启动驱动结构,将测量探头移动至待测土体外部;

[0036] S800、可选择地重复步骤S500-S700不少于一次;

[0037] S900、启动驱动结构,将测量探头完全提出。

[0038] 本发明的实施方式具有如下优点:

[0039] 1) 能够稳定地适用于波流水动力环境下的测试:传统的静力触探设备直接固定于地面,其在水下波流环境下工作时可能因水动力荷载而发生失稳,影响测试结果。本发明通过安装部和移动机构的配合,能够使得其整体固定于水面以上的水槽壁上,可完全消除水动力对测试平台稳定性的干扰,从而实现波流影响过程中土体强度变化的实时贯入测量;

[0040] 2) 精确定位:传统的勘察作业对勘探点的定位误差一般要求不超过0.5m,而水槽试验对测试点的位置误差要求则小于1cm,相比勘察作业更加严格,因此,现有技术中的相关设备往往难以满足基于波流环境模拟的水下的检测要求。本发明则通过移动机构的设置,基于其在于竖直方向相垂直的面上的可移动的设置,实现了测点沿水槽纵向、横向的精确定位。

[0041] 3) 垂向(一般为竖直方向)加密测量:传统的勘察作业,静力触探贯入深度可达数十米,其测试设备一般采用位移编码器触发数据采集记录。位移编码器最小采集间隔一般为1~2cm,该测试密度对于数十米的测试深度已经足够。但在实验室条件下,贯入测试深度一般不超过2m,而测试密度要求则需要达到mm级,既有的工程用测试系统难以满足。本发明通过位移变速结构的引入,将实际的移动位移放大后传递至位移测量结构上,使工程用静力触探测试系统也满足实验室的采集精度要求。

[0042] 4) 变速测试:现行岩土工程勘察规范要求勘察作业时,静力触探设备依据现行国家标准以固定速度2cm/s贯入测试土体,而科研试验则需要贯入速率在一定范围内变化以测试土体强度随土体应变率的变化规律。在此基础上,进一步通过变速结构的设置,实现了贯入速度的精确控制。

附图说明

[0043] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对实施方

式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。显而易见地，下面描述中的附图仅仅是示例性的，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据提供的附图引伸获得其它的实施附图。

[0044] 本说明书所绘示的结构、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得能涵盖的范围内。

[0045] 图1为本发明实施例提供的其中一个方向上的水下静力触探贯入试验装置的结构示意图；

[0046] 图2为本发明实施例提供的另一方向上的水下静力触探贯入试验装置的结构示意图；

[0047] 图3为本发明实施例提供的移动机构和贯入机构的结构示意图；

[0048] 图4为本发明实施例提供的移动机构和贯入机构的局部结构示意图；

[0049] 图5为本发明实施例提供的位移变速结构的结构示意图；

[0050] 图6为本发明实施例提供的贯入机构、探针与接头组件连接处的剖视图；

[0051] 图7为图6中沿A-A方向上的剖视图；

[0052] 图8为本发明实施例提供的贯入机构、探针与接头组件连接处的结构示意图；

[0053] 图9为本发明实施例提供的移动丝杠组件的端部的结构示意图；

[0054] 图10为本发明实施例提供的探针的局部结构示意图；

[0055] 图11为本发明实施例提供的弧形箍块的结构示意图；

[0056] 图12为本发明实施例提供的第一种状态下的贯入机构、探针与接头组件连接处的截面图；

[0057] 图13为本发明实施例提供的第二种状态下的贯入机构、探针与接头组件连接处的截面图；

[0058] 图14为本发明实施例提供的第三种状态下的贯入机构、探针与接头组件连接处的截面图；

[0059] 图15为本发明实施例提供的第四种状态下的贯入机构、探针与接头组件连接处的截面图。

[0060] 图中：

[0061] 1-安装部；2-移动机构；3-贯入机构；4-测量探头；5-水槽；6-探杆；7-接头组件；

[0062] 11-纵向导轨；

[0063] 20-位移测量结构；21-纵向支架；22-横向导轨；23-横向支架；24-螺杆传动件；25-第一驱动电机；26-移动紧定结构；27-第二驱动电机；28-轴杆传动件；

[0064] 211-数据线导引轮；

[0065] 261-锁定轮；262-锁定夹；

[0066] 271-蜗杆；272-涡轮；

[0067] 281-上线轴；282-下线轴；283-上引线；284-下引线；285-导引螺杆；286-上导引轮；287-下导引轮；288-发条弹簧；289-绕线齿轮；290-导引齿轮；291-导引架；

[0068] 31-贯入电机；32-移动丝杠组件；33-止挡片；34-抵触间隙；

[0069] 61-通孔;

[0070] 71-弧形箍块;72-弹性箍圈;73-顶柱。

具体实施方式

[0071] 以下由特定的具体实施例说明本发明的实施方式,熟悉此技术的人士可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点及功效,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0072] 以下通过具体的实施例进行进一步的说明。

[0073] 本发明提供了一种基于波流环境模拟的水下静力触探贯入试验装置,具体地,如图1和图2所示,包括贯入装置(具体还包括安装部1、移动机构2和贯入机构3)、探杆6、接头组件7和测量探头4等部分,其总体布置如图1所示。

[0074] 其中,测量探头4使用用于工程静力触探试验的标准探头,集成有尖端阻力传感器、侧阻力传感器以及孔隙水压力传感器。探杆6采用多节旋接形式,可允许使用者根据贯入深度自由调整探杆6的长度。探杆6为空心结构,内部供测量探头4引出的数据线通过,并从探杆6与接头组件7的连接部引出。接头组件7用于连接贯入装置和探杆6的顶端。贯入装置用于定位整个试验装置并将探杆6按指定速度垂直压入或拔出土体模型。

[0075] 以下重点对贯入装置和接头组件7的结构细节进行介绍:

[0076] 一、贯入装置的结构:

[0077] 贯入装置的作用为沿水槽5纵向和横向准确定位测试位置,并驱动探杆6和测量探头4贯入和拔出土体模型。其布置如图3所示:

[0078] 在具有流固土耦合的水槽5外壁顶端布置两条沿水槽5的其中一组相对的侧边延伸的纵向导轨11。纵向支架21通过底部固定的滑轮坐落在纵向导轨11上,并可沿纵向导轨11滑动。纵向支架21上安装有第一驱动电机25,该第一驱动电机25与轴杆传动件28和一组滑轮连接,同时其可驱动该轴杆传动件28旋转,从而使滑轮带动纵向支架21沿水槽5的纵向移动指定位移。纵向支架21四角各自安装有一组锁定轮261和锁定夹262,旋转锁定轮261可使锁定夹262升降从而抱死/松开水槽5的外壁。锁定夹262处于抱死状态时,纵向支架21被固定在水槽5外壁上无法移动。

[0079] 纵向支架21上安装有横向导轨22。横向支架23通过底部安装的滑块坐落在横向导轨22上,从而使得横向支架23可在横向导轨22上实现沿水槽5的横向滑动。横向支架23一侧与螺杆传动件24连接,从而使得螺杆传动件24受到安装在纵向支架21上的第二驱动电机27的旋转,实现带动横向支架23沿水槽5横向移动指定距离。横向支架23上也同样可以安装有锁定轮261和锁定夹262,旋转锁定轮261可以使锁定夹262升降,从而抱死/松开纵向支架21。当锁定夹262处于抱死状态时,横向支架23固定在纵向支架21上不可移动。

[0080] 横向支架23上安装有贯入电机31和变速结构(例如,这里可以具体选择为减速齿轮组),减速齿轮组与移动丝杠组件32(至少包括一根丝杠)连接。当贯入电机31转动时,减速齿轮组将转动输入转化为竖向平动输出,从而带动丝杠沿垂直方向升降运动。减速齿轮组结构如图4所示。

[0081] 具体地,减速齿轮组的传动机构由一个涡轮副和一个螺旋副组成。其中蜗杆271和

蜗轮272组成一个涡轮副：蜗杆271与贯入电机31的输出轴连接，将水平轴的转动减速并转化为蜗轮272沿垂直轴的转动。蜗轮272内侧加工有与蜗轮272同心的内螺纹，从而与移动丝杠组件32组成一个螺旋副，将蜗轮272沿垂直轴的转动转化为移动丝杠组件32沿垂直方向的升降运动。为贯入电机31设定不同的转速可使移动丝杠组件32以不同速度沿垂直方向运动。

[0082] 横向支架23上安装有拉线式的位移测量结构20，其可以测量移动丝杠组件32沿竖向的位移，并按固定位移间隔输出脉冲信号，以控制测量数据的采集记录。在横向支架23上安装有拉线式的位移变速结构，拉线式的位移测量结构20的引线一端固定在位移变速结构的上线轴281上。位移变速结构的下线轴282的引线固定在移动丝杠组件32的底端。移动丝杠组件32沿垂向移动时，通过上述位移变速结构可以使位移测量结构20上的引线速度大于移动丝杠组件32实际移动的速度，从而减小脉冲信号的位移间隔，实现采集数据的加密。上述位移变速结构如图5所示。

[0083] 由拉线式位移测量结构20引出的上引线283通过上导引轮286缠绕在上线轴281上。与移动丝杠组件32底端连接的下引线284通过下导引轮287缠绕在下线轴282上。上线轴281直径大于下线轴282。上线轴281、下线轴282、绕线齿轮289同轴且彼此固定。绕线齿轮289与导引齿轮290啮合。导引齿轮290与导引螺杆285同轴且彼此固定。导引螺杆285螺距略大于上引线283和下引线284的直径。上导引轮286和下导引轮287分别安装于导引架291上，且可独立自由转动。导引架291与导引螺杆285连接处加工有内螺纹，可被导引螺杆285驱动沿导引滑轨滑动。下线轴282一端安装有发条弹簧288。当移动丝杠组件32在贯入电机31驱动下向下运动时，下引线284依次带动下线轴282、上线轴281、绕线齿轮289、导引齿轮290、导引螺杆285转动，从而使导引架291、上导引轮286和下导引轮287沿导引滑轨移动，从而引导上引线283规则缠绕在上线轴281上。与此同时，发条弹簧288随下线轴282转动而张紧，上线轴281高速收回上引线283。当移动丝杠组件32在贯入电机31驱动下沿垂直向上运动时，发条弹簧288带动上述机构反向运动，从而使下引线284沿下线轴282规则缠绕，同时上线轴281高速释放上引线283。使用者根据需要，可替换不同直径的上线轴281和下线轴282，从而获得所需的上引线283和下引线284的速度比。

[0084] 纵向支架21和横向支架23上还各安装有一个数据线导引轮211。测量探头4的数据线经由探杆6内部引出后，通过数据线导引轮211引导到水槽5外，与采集设备连接。数据线导引轮211可防止上述数据线在移动丝杠组件32升降过程中被拉扯损坏。

[0085] 二、接头组件7的结构：

[0086] 接头组件7可帮助使用者将探杆6顶端快速安装在移动丝杠组件32的末端，或是将探杆6从移动丝杠组件32的末端快速拆卸。其结构示意图、零件与组装效果图如图6-图11所示。

[0087] 其中，弧形箍块71内侧设置有顶柱73。探杆6顶端加工有可使顶柱73穿过的通孔61。当移动丝杠组件32末端完全插入探杆6顶端后，可通过旋转探杆6顶端使顶柱73被弹性箍圈72完全压入探杆6顶端的通孔61中，从而使弧形箍块71闭合形成为圆筒，并完成对移动丝杠组件32和探杆6的固定。

[0088] 移动丝杠组件32与探杆6的安装过程说明如下：A、将探杆6提升，使移动丝杠组件32末端结构推入探杆6上端的空腔中，直到移动丝杠组件32末端外围凸起多块被多块彼此

之间闭合的弧形箍块71阻挡,如图12所示;B、转动探杆6,顶柱73沿移动丝杠组件32末端的斜面滑动并将弧形箍块71向外侧顶出,弧形箍块71开启如图13所示;C、将探杆6继续提升,直到移动丝杠组件32末端完全插入,如图14所示;(4)反向转动探杆6,弧形箍块71在弹性箍圈的72压力作用下恢复到闭合状态,完成探杆6和移动丝杠组件32的固定。

[0089] 由于陆上勘察作业一般有足够时间部署和回收探杆。而水槽试验则需要在波流环境下实现测量后迅速回收钻探设备,否则探杆6的存在将对流场产生干扰,从而影响床面冲刷形态等试验现象。本发明通过在探杆6端部设置上述接头组件7,便于实验人员在测试前后迅速安装和回收探杆6,以最大程度上减少测试行为对试验过程的干扰。

[0090] 本发明对基于波流环境模拟的水下静力触探贯入试验方法作进一步的说明。

[0091] 其操作步骤说明如下:

[0092] 步骤一:根据试验设计,选择合适长度的探杆、位移变速结构的上线轴和下线轴,并组装探杆和位移变速结构;

[0093] 步骤二:开启贯入电机,将移动丝杠组件上升到水槽顶部;

[0094] 步骤三:将探杆顶端插入移动丝杠组件末端,转动移动丝杠组件顶端开启弧形箍块围合形成的圆筒结构,将探杆顶端完全插入移动丝杠组件末端,反方向转动移动丝杠组件顶端使弧形箍块围合形成的圆筒结构闭锁为圆筒状,完成探杆的固定;

[0095] 步骤四:开启贯入电机,将测量探头下降到土体模型表面附近;

[0096] 步骤五:开启第一驱动电机和第二驱动电机完成测试点定位;

[0097] 步骤六:开启贯入电机,将探杆压入土体模型至试验设计测试深度,开始静力触探测试;

[0098] 步骤七:开启贯入电机,将测量探头提出至土面以上;

[0099] 步骤八:如不需要进行其他测试,则开启贯入电机,将探杆完全提出,并按照步骤三进行其反向操作卸下探杆;如继续试验,则重复上述步骤五至步骤七的过程以完成后续试验。

[0100] 虽然,上文中已经用一般性说明及具体实施例对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对之作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的范围。

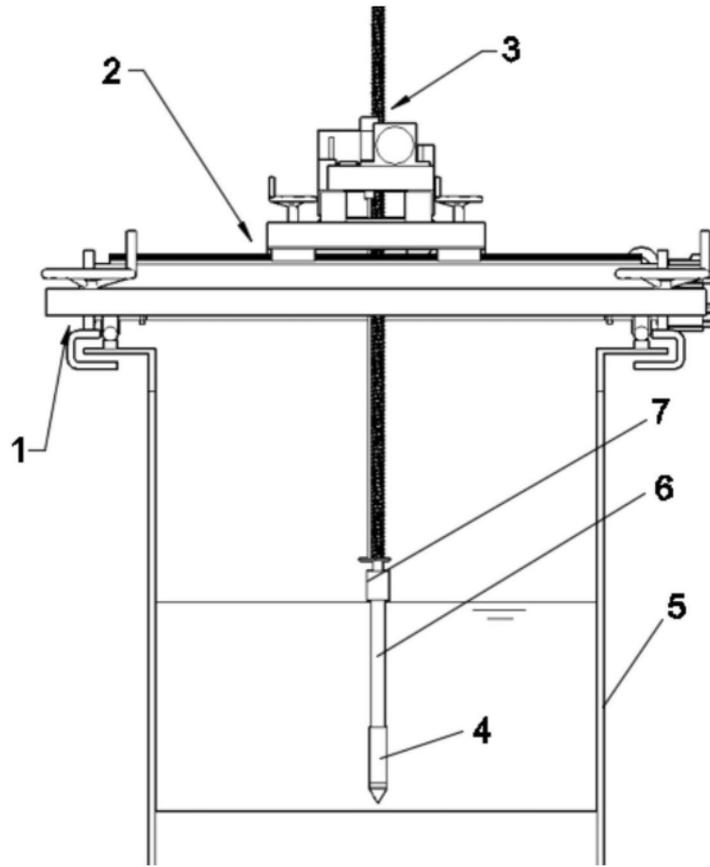


图1

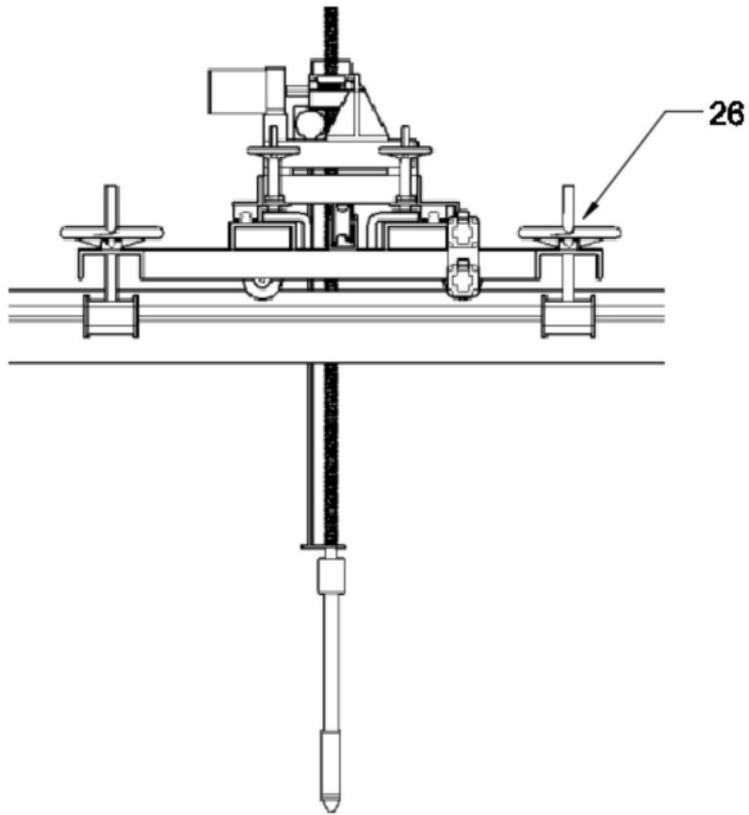


图2

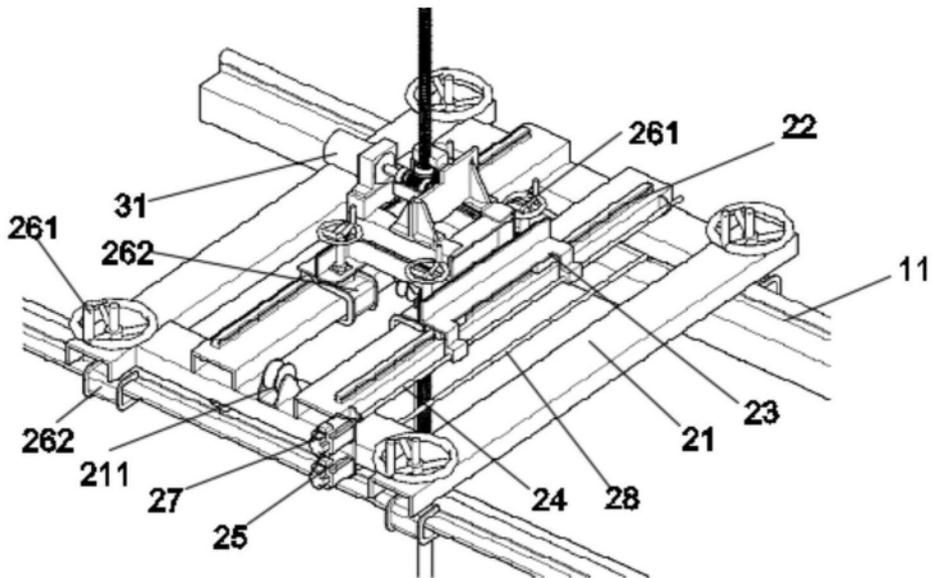


图3

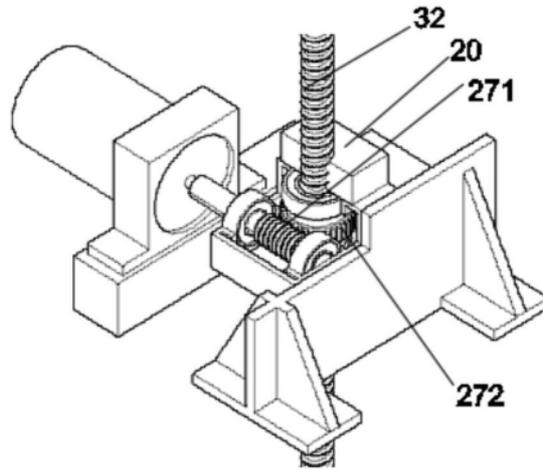


图4

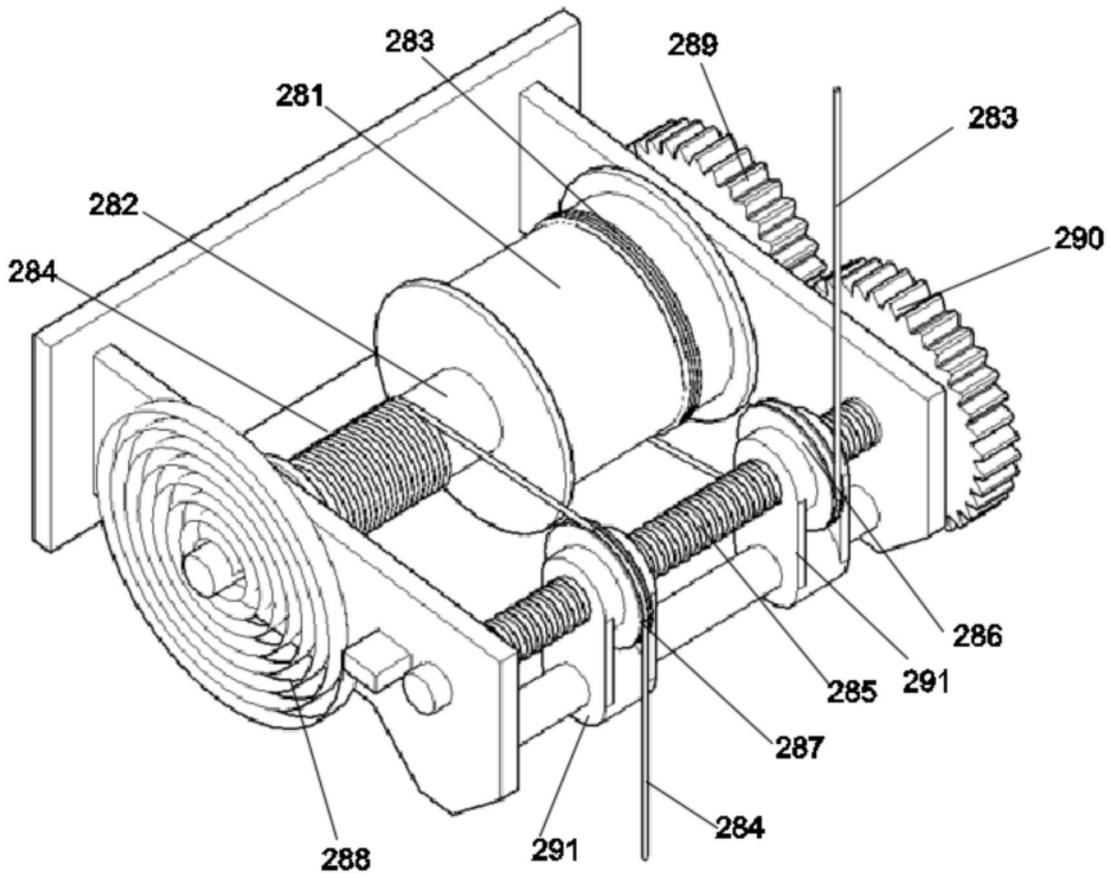


图5

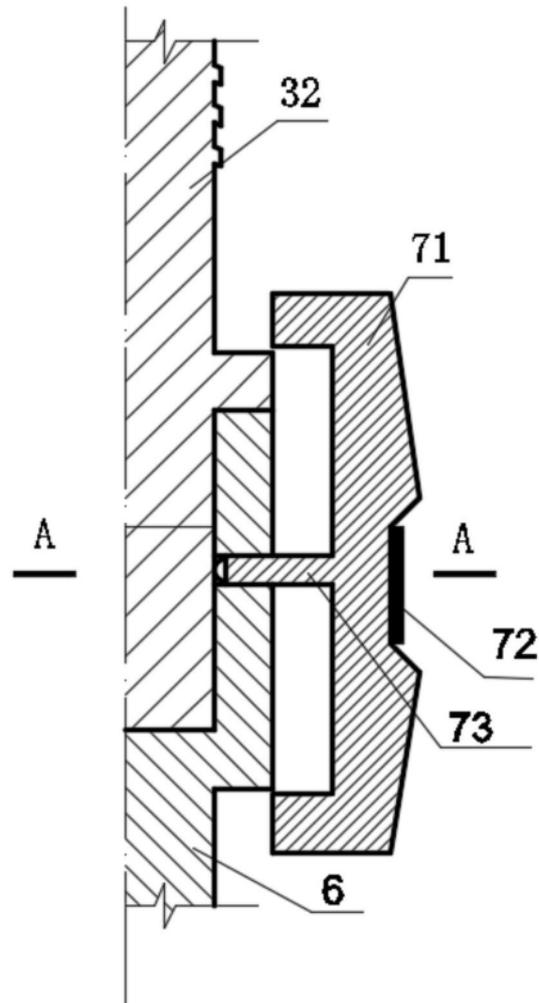


图6

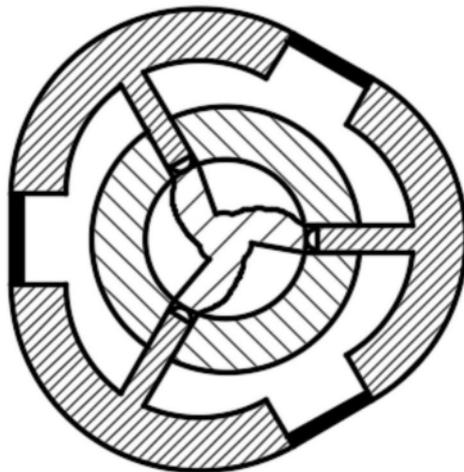


图7

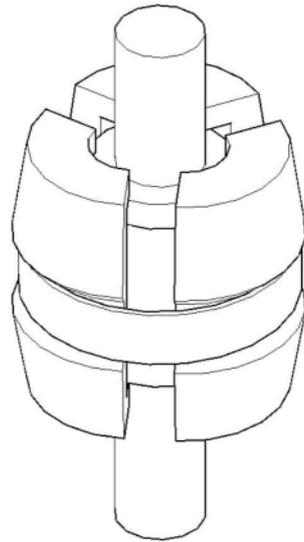


图8

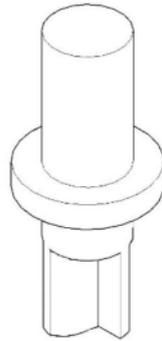


图9

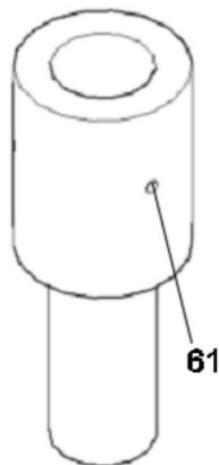


图10



图11

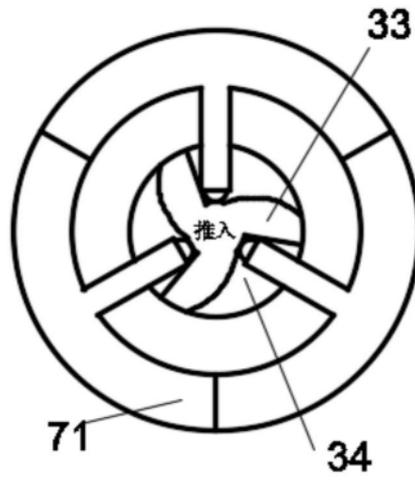


图12

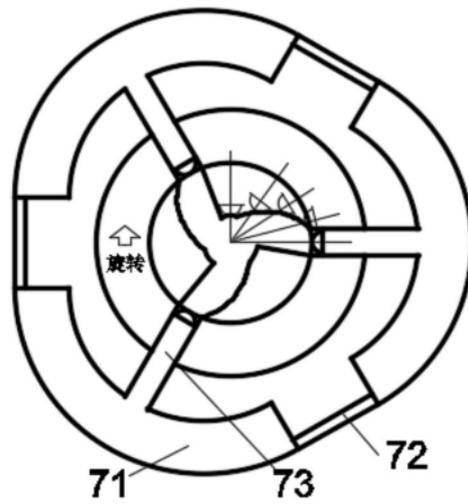


图13

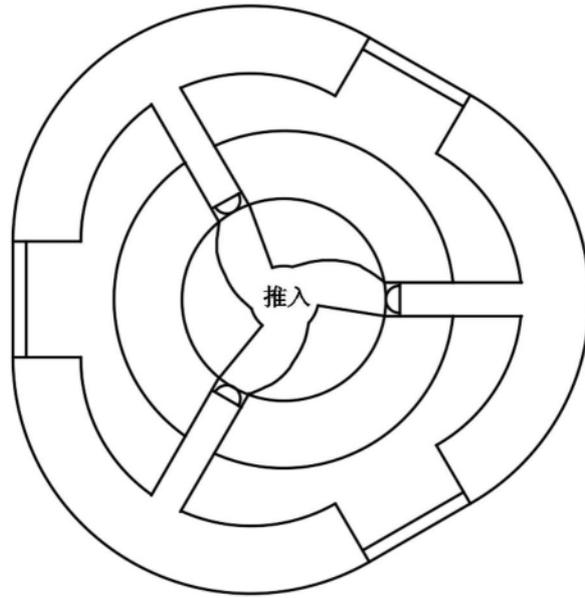


图14

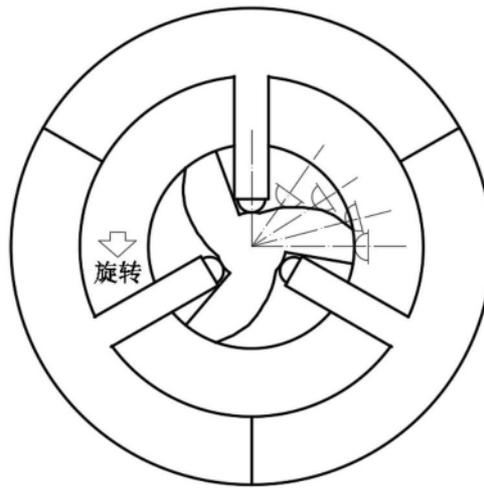


图15