(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108343099 B
(45)授权公告日 2020.04.03

(21)申请号 201810188374.9

(22)申请日 2018.03.07

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108343099 A

(43)申请公布日 2018.07.31

(73)专利权人 河海大学
地址 211100 江苏省南京市江宁区佛城西路8号

(72)发明人 沈才华 谢飞 陈达 李雪松 王斌 沈义灿 姜振

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所（普通合伙）32204
代理人 柏尚春

(51)Int.Cl.
E02D 33/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 107165204 A,2017.09.15,说明书具体实施方式,附图1-9.
CN 105424315 A,2016.03.23,说明书具体实施方式,附图1-3.

审查员 陈玲

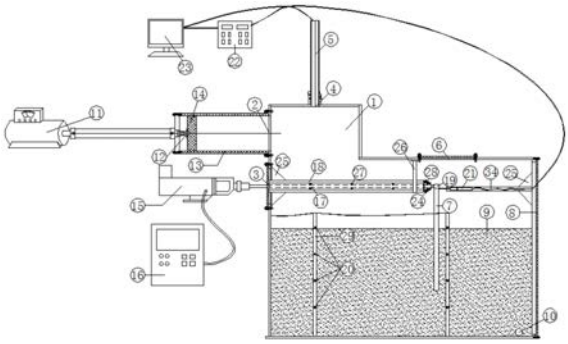
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

动波压力下桩的水平承载力测试装置及测试方法

(57)摘要

本发明公开了一种动波压力下桩的水平承载力测试装置及测试方法，该装置包括水槽箱、造波系统、水平加载系统和数据采集系统，水槽箱内设土体，土体埋设模型桩；水平加载系统包括压力机、压力控制系统和传力杆；数据采集系统包括孔隙水压力计、土压力计、位移计和支架，孔隙水压力计和土压力计设在支架上，支架固定设于水槽箱内且土压力计和孔隙水压力计分别关于模型桩对称布置，位移计设于模型桩迎浪面的另一侧，桩头的两侧分别为传力杆和位移计。本发明的优点是：操作简便、成本低、可重复性强，能够在较短时间内获取充足的数据分析并得出结论，形成的实验环境比较封闭，实验变量可控，能较好地得到实验结果。



CN 108343099 B

1.一种动波压力下桩的水平承载力测试装置,其特征在于:所述测试装置包括水槽箱、造波系统、水平加载系统和数据采集系统;

所述水槽箱内设土体,所述土体埋设模型桩(7);所述模型桩上布设有光纤传感器和金属应变片,所述金属应变片截面垂直于动波压力传播方向;所述水槽箱体为L型;所述水槽箱侧面开设有造波洞(2)和水平加载洞(3),所述造波洞位于水平加载洞上方;所述水槽箱顶面开有静水压控制洞(4),所述静水压控制洞与水压控制筒(5)连接;所述水槽箱顶面开有材料装填洞(6);

所述造波系统包括压力机(11)、活塞装置和消波装置,所述活塞装置包括活塞(14)、活塞杆(12)及活塞筒(13),所述活塞杆一端与压力机相连,另一端通过活塞推动水槽箱内的水;所述活塞筒安装在造波洞内;

所述水平加载系统包括压力机(15)、压力控制系统(16)和传力杆(17),所述压力机与压力控制系统相连,所述传力杆一端与压力机相连,另一端抵在模型桩的桩头套筒(19)上;所述传力杆抵在桩头的一端设有第一滑轮(24),套筒套在模型桩的桩头上;所述传力杆通过保护套筒(18)包裹,所述保护套筒内圈设有多对第二滑轮(27),所述第二滑轮与传力杆贴合;所述保护套筒位于所述水平加载洞处;

所述数据采集系统包括孔隙水压力计(20)、土压力计(33)、位移计(21)、支架、数据采集仪和计算机处理系统(23),所述孔隙水压力计和土压力计设在支架上,所述支架固定设于水槽箱内且土压力计和孔隙水压力计分别关于模型桩对称布置;支架包括支撑杆和压力计固定装置,所述支撑杆中空且设有滑轨,所述压力计固定装置通过滑轨移动到实验设计位置并固定;所述支架的水土界面安放至少一对孔隙水压力计,所述位移计设于模型桩迎浪面的另一侧,所述桩头的两侧分别为传力杆和位移计,所述孔隙水压力计、土压力计和位移计与数据采集仪和计算机处理系统相连。

2.一种动波压力下桩的水平承载力测试方法,其特征在于:采用如权利要求1所述的动波压力下桩的水平承载力测试装置,所述测试方法包括如下步骤:

(1)选择模型桩材料、土体材料,制作模型桩;

(2)确定土层高度;

(3)埋设模型桩及设有孔隙水压力计和土压力计的支架;

(4)固定位移计;

(5)将传力杆连接水平加载系统与桩头;

(6)安装造波系统;

(7)注水并测定装置初始土压力及水压力;

(8)选择加载动波压力的类型和动波压力强度,确定造波系统的使用参数;

(9)开启造波系统和水平加载系统进行实验,采集数据;

(10)确定单桩水平承载力的特征值,计算单桩水平承载力特征值,获取实验过程中的孔隙水压力值,并分析不同断面的孔隙水压力的变化规律;

(11)回收实验用水和土样,拆卸试验装置;

(12)重复多组试验取其平均值作为单桩水平承载力特征值;

(13)关闭造波装置,测试静水下单桩水平承载力特征值,或者重复步骤(3)～(12)调整步骤(8)中动波压力参数,测试不同动波压力下单桩水平承载力特征值。

动波压力下桩的水平承载力测试装置及测试方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种桩的水平承载力测试装置及方法，具体涉及一种动波压力下桩的水平承载力测试装置及测试方法。

背景技术

[0002] 目前人们越来越依赖于港口贸易，因此建设好港口码头对发展经济具有重大的意义。桩基础是港口码头的重要组成部分，与一般民用建筑桩基础不同的是，码头桩基础除了承受上部结构荷载外还受到海浪的冲击作用，而桩基对海浪的动力响应比较复杂，对其具体的作用机理还没有一个合理完善的解释。为了检测码头桩基的水平承载力，研究者们目前是基于现场动力检测、采集数据后依据规范评估桩的水平承载力，这种方法适用于对已建成的桩基的检测，该实验花费时间长、成本大，不便改变工况参数分析动波压力作用下单桩水平承载力的变化规律。

发明内容

[0003] 发明目的：本发明的第一目的是提供一种控制性强、操作简便且成本低廉的动波压力下桩的水平承载力测试装置；本发明的第二目的是提供基于该测试装置的测试方法。

[0004] 技术方案：一种动波压力下桩的水平承载力测试装置，该装置包括水槽箱、造波系统、水平加载系统和数据采集系统，所述水槽箱内设土体，所述土体埋设模型桩；所述水平加载系统包括压力机、压力控制系统和传力杆，所述压力机与压力控制系统相连，所述传力杆一端与压力机相连，另一端抵在模型桩的桩头上；所述数据采集系统包括孔隙水压力计、土压力计、位移计和支架，所述孔隙水压力计和土压力计设在支架上，所述支架固定设于水槽箱内且土压力计和孔隙水压力计分别关于模型桩对称布置，所述位移计设于模型桩迎浪面的另一侧，所述桩头的两侧分别为传力杆和位移计，所述孔隙水压力计、土压力计和位移计与数据采集仪相连。

[0005] 其中，所述支架包括支撑杆和压力计固定装置，所述支撑杆中空且设有滑轨，所述压力计固定装置通过滑轨移动到实验设计位置并固定。土压力计和孔隙水压力计的接线从支撑杆下部进入、上端穿出并从静水压控制洞穿出连到数据采集仪上，数据通过数据采集仪与计算机系统的连线导入到计算机系统中分析处理；支撑杆内设充足长度的接线使得土压力计和孔隙水压力计可以在滑轨处任意位置固定。

[0006] 优选的，所述传力杆一端与压力机铰接，避免荷载输出时杆件方向与力的方向不同产生附加弯矩；所述传力杆抵在桩头的一端设有滑轮，避免桩体变形与杆件产生摩擦力产生附加弯矩。

[0007] 为了避免动波压力激发的紊流对传递水平力产生影响，所述传力杆由保护套筒包裹。所述保护套筒内圈设有滑轮，滑轮紧贴传力杆，既为传力杆提供侧向约束，避免压力过大、杆件过长发生失稳，又能最大程度的减少水平方向上的摩擦力；保护套筒另一端增加防水罩，防止水从传力杆出口渗入。

[0008] 所述造波系统包括压力机、活塞装置和消波装置，所述活塞装置包括活塞、活塞杆及活塞筒，所述活塞杆一端与压力机相连，另一端通过活塞推动水槽箱内的水；所述消波装置用于增加试验的准确度与精度。

[0009] 基于上述动波压力下桩的水平承载力测试装置的测试方法，包括如下步骤：

[0010] (1)选择模型桩材料、土体材料，制作模型桩；

[0011] (2)确定土层高度；

[0012] (3)埋设模型桩及设有孔隙水压力计和土压力计的支架；

[0013] (4)固定位移计；

[0014] (5)将传力杆连接水平加载系统与桩头；

[0015] (6)安装造波系统；

[0016] (7)注水并测定装置初始土压力及水压力；

[0017] (8)选择加载动波压力的类型和动波压力强度，确定造波系统的使用参数；

[0018] (9)开启造波系统和水平加载系统进行实验，采集数据；

[0019] (10)确定单桩水平承载力的特征值，计算单桩水平承载力特征值，获取实验过程中的孔隙水压力值，并分析不同断面的孔隙水压力的变化规律；

[0020] (11)回收实验用水和土样，拆卸试验装置；

[0021] (12)重复多组试验取其平均值作为单桩水平承载力特征值；

[0022] (13)关闭造波装置，测试静水下单桩水平承载力特征值，或者重复步骤(3)-(12)调整步骤(8)中动波压力参数，测试不同动波压力下单桩水平承载力特征值。

[0023] 有益效果：与现有技术相比，本发明的优点是：(1)室内实验时间短、费用低廉、可重复性强，本测试装置和方法操作简便、成本低、可重复性强，能够在较短时间内获取充足的数据分析并得出结论；与现场实验不同，其工程量巨大、费用昂贵、适用于竣工验收，不适于规律性研究。(2)实验效果好、因素可控，科学实验遵循控制变量的原则，在现场实验中，由于港口码头复杂的水文条件，以及外界不可控制的因素，造成现场测得数据不稳定，离散程度大，甚至很难呈现一般的规律性；而本测试装置形成的实验环境比较封闭，实验变量可控，能较好地得到实验结果，保证结论的可靠性。(3)用途广泛，既可以实现不同动波压力作用下单桩水平承载力的实验，也可以根据埋设在土中的孔隙水压力计检测数据，分析动波压力作用下土中动孔隙水压力的变化和分布规律。(4)本测试装置通过推动活塞往复对水的作用模拟动波压力作用效果，有效模拟港口码头的水文环境，实现动波压力对码头桩基的冲击作用。

附图说明

[0024] 图1为动波压力下单桩水平承载力特性的测试装置结构示意图；

[0025] 图2为水平加载装置传力杆及保护套筒示意图；

[0026] 图3为固定孔隙水压力计和土压力计的支架结构示意图；

[0027] 图4为支架上压力计固定装置的结构示意图；

[0028] 图5为支架的支撑杆的结构示意图。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图对本发明的技术方案作进一步说明。

[0030] 如图1～3所示，一种动波压力下桩的水平承载力测试装置，该装置包括水槽箱1、造波系统、水平加载系统和数据采集系统，水槽箱1为型钢焊接框架，箱面为有机玻璃材质拼装，粘胶剂为氯仿胶，主视箱体呈L型；在水槽箱1较高侧面偏上位置设有两个洞，自上而下分别为造波洞2和水平加载洞3，用于造波和施加水平力；在水槽箱1较高顶面有一个静水压控制洞4，可外接一个水压控制筒5便于精准控制水头高度，控制静水压力；在水槽箱1较低顶面有一个材料装填洞6，便于吊放模型桩7以及其他部件；在水槽箱1较低侧面有一个活动面板8，便于拆卸装填土样9；桩基土样正面右下角设有排水孔10，排水孔装有泄水阀。

[0031] 造波系统包括压力机11、活塞装置和消波装置，活塞装置包括活塞14、活塞杆12及活塞筒13，活塞筒13安装在造波洞2上，活塞杆12的一端与压力机11相连，另一端通过活塞14推动水槽箱1内的水；活塞筒13为有机玻璃材料，活塞14由硬聚氯乙烯板制造。本实施例中的压力机选用伺服油压机，本实施例采用的消波装置为主视箱体呈L型的水槽箱，此外，消波装置也可以为与活塞装置对应的挡板，或者在水槽箱中设置消波器及填充材料，对活塞与水槽箱壁之间的反射波进行削减。

[0032] 水平加载系统包括水平伺服压力机15、压力控制系统16和传力杆17，水平伺服压力机15与压力控制系统16相连，传力杆17的一端与水平伺服压力机15相连，此处可采用与水平伺服压力机15上的压力头铰接，传力杆17的另一端抵在桩头套筒19上，传力杆17抵在桩头的一端设有第一滑轮24，套筒19套在模型桩7的桩头上。传力杆17由保护套筒18包裹，保护套筒18内圈设有第二滑轮27，本实施例的保护套筒18中有三对第二滑轮27分布在保护套筒18的两侧，第二滑轮27紧贴传力杆17，这样既为传力杆提供侧向约束，既避免压力过大，杆件过长发生失稳，又能最大程度的减少水平方向上的摩擦力；保护套筒18靠近桩头的一侧设有防水罩28，防止水从传力杆出口渗入。安装时注意保证传力方向和传力杆在水平线上。保护套筒用一对三角型钢25固定在水平加载洞处，并在材料装填洞6附近设一悬吊杆26固定住。

[0033] 数据采集系统包括孔隙水压力计20、土压力计33、位移计21、支架和数据采集仪22，其中，孔隙水压力计20和土压力计33均设置在支架上，支架固定设于水槽箱1内且土压力计33和孔隙水压力计20分别关于模型桩对称布置，目的是用于测量数据的校核；支架包括支撑杆30和压力计固定装置31，支撑杆30上设有滑轨29，支撑杆30中空且内设电线，压力计固定装置31通过滑轨29移动到实验设计位置并锚固。在支架的每个平面各安放若干对孔隙水压力计20和土压力计33，支架的水土界面安放至少一对孔隙水压力计20，用于对测量数据的校准。如图4所示，压力计固定装置31底部为滑轨卡槽31A，方便其在滑轨29上移动，上部圆形通孔为螺钉锚固孔31B；如图5所示，支撑杆30设有滑轨29与滑轨卡槽31A相配合，支撑杆30中空，本实施例进一步开设圆形通孔设为接线穿入洞和接线穿出洞，孔隙水压力计20和土压力计33的接线从支撑杆30下部进入(自由待压力计固定后用凡士林涂抹均匀止水)，上端穿出(固定胶封住)并从静水压控制洞4穿出连到数据采集仪上，数据通过数据采集仪与计算机系统的连线导入到计算机系统中分析处理。位移计21设于模型桩7迎浪面的另一侧，即置于桩头受力点的另一侧，模型桩7的桩头两侧分别为传力杆17和位移计21，位移计21选用KTC拉杆式直线位移传感器，位移计21被圆管34固定，并做好防水处理。位移计

接线可从活动面板8预留孔洞穿出，接到计算机处理系统23中。圆管34用一对三角型钢25固定在活动面板8的相应位置。孔隙水压力计20、土压力计33和位移计21与数据采集仪22相连，数据采集仪22与计算机处理系统23相连。

[0034] 本发明基于动波压力下桩的水平承载力测试装置的测试方法，包括如下步骤：

[0035] (1)选择合适的材料，本实施例采用与原型相同强度的细石混凝土材料，但由于几何比尺的缘故，混凝土粒径要相应减小，这对混凝土弹性模量会产生影响，进而对模型试验的相似关系产生影响；设置三组强度的模型桩，通过试验测量分析不同弹性模量桩的弯矩分布，根据弯矩分布情况得出弹性模量的修正系数及对相似关系的影响规律；桩基土为实际工程的原状土；

[0036] (2)考虑工程结构物的实际尺寸和试验水槽的尺寸，基于模型相似理论选择合适的相似比例：本实施例水槽箱主体尺寸(以内壁为基准)为：1480×400×1000mm；实际工程物桩长34m、桩径1.2m、埋深17m，因此选取相似比例为1:48，模型桩桩长0.6m、桩径0.025m、埋置深度为0.35m，不同工程根据实际情况进行调整；

[0037] 制作模型桩选4根模型钢筋，在钢筋上距钢筋一端0cm(桩底附近)、10cm、20cm、30cm(土水界面附近)、40cm、50cm、60cm(桩顶附近)位置布置光纤传感器，选用C40细石混凝土，按照工况表中桩的试验尺寸，将布置好光纤传感器的4根钢筋均匀安放在制作模型桩的模具内，制作模型桩；在桩身表面与光纤传感器对应位置贴置金属应变片，应变片截面垂直于动波压力传播方向，桩身均匀涂抹环氧树脂，做防水处理，并保证桩外表面的平整，同时在桩顶处设置高度为1倍桩径的套筒；

[0038] (3)根据各仪器的布设高度以及模型桩的位置，确定土层的高度为0.61m；

[0039] (4)分层铺设桩基土，每一层土填充后，用压盘充分压实桩基土，压实印相互叠加，保证每处土壤被压实固结，每处压实完毕后，方可装填下一层土，填土到预定桩底高度时，放置模型桩并继续填土直至桩体预设埋深处；

[0040] (5)在距离高侧壁25cm和100cm的平面内安放支架，在支架的每个平面各安放三对孔隙水压力计和土压力计，埋置深度分别为15cm(H1)，30cm(H2)，45cm(H3)，埋设深度和数量也可以根据实际需要做调整，每个平面中的水土界面安放一对水压计，详见图4；填土和埋设压力计同步进行，桩头迎浪面另一侧固定位移计；

[0041] (6)将传力杆穿入固定的圆管套筒使其连接水平加载系统与桩头；

[0042] (7)安装造波系统，将活塞杆连接到伺服油压机的压头，并将活塞筒铆接在造波洞上；

[0043] (8)注水并观察水压控制筒的水位，到达预设水位，并且静止24小时后，测定各测点的初始水压力；

[0044] (9)选择加载动波压力频率，打开伺服油压机，设置定时器控制电磁阀，控制动波压力频率；

[0045] (10)开启水平伺服压力机逐级施加水平荷载，并同时采集数据；

[0046] (11)确定单桩水平承载力的特征值：达到试验要求的最大荷载或者在某级荷载作用下桩顶水平位移急剧增加，变形量为前一级荷载作用下的5倍时终止实验；读取参数，记录完成后画出水平力—时间—位移曲线、水平力位移梯度曲线、水平力—最大弯矩截面钢筋应力曲线，根据现行规范的相关计算公式计算单桩水平承载力特征值，获取实验过程中

的孔隙水压力值，并分析不同断面的孔隙水压力的变化规律；

[0047] (12)回收实验用水和土样，拆卸试验装置；

[0048] (13)重复步骤(4)-(12)，获得一组三根桩的水平承载力特征值，当三根桩的极差不超过均值的30％时，取其平均值作为单桩水平承载力特征值；

[0049] (14)关闭造波装置，测试静水下单桩水平承载力特征值，或者重复步骤(4)-(13)调整步骤(9)中动波压力参数，测试不同动波压力下单桩水平承载力特征值。

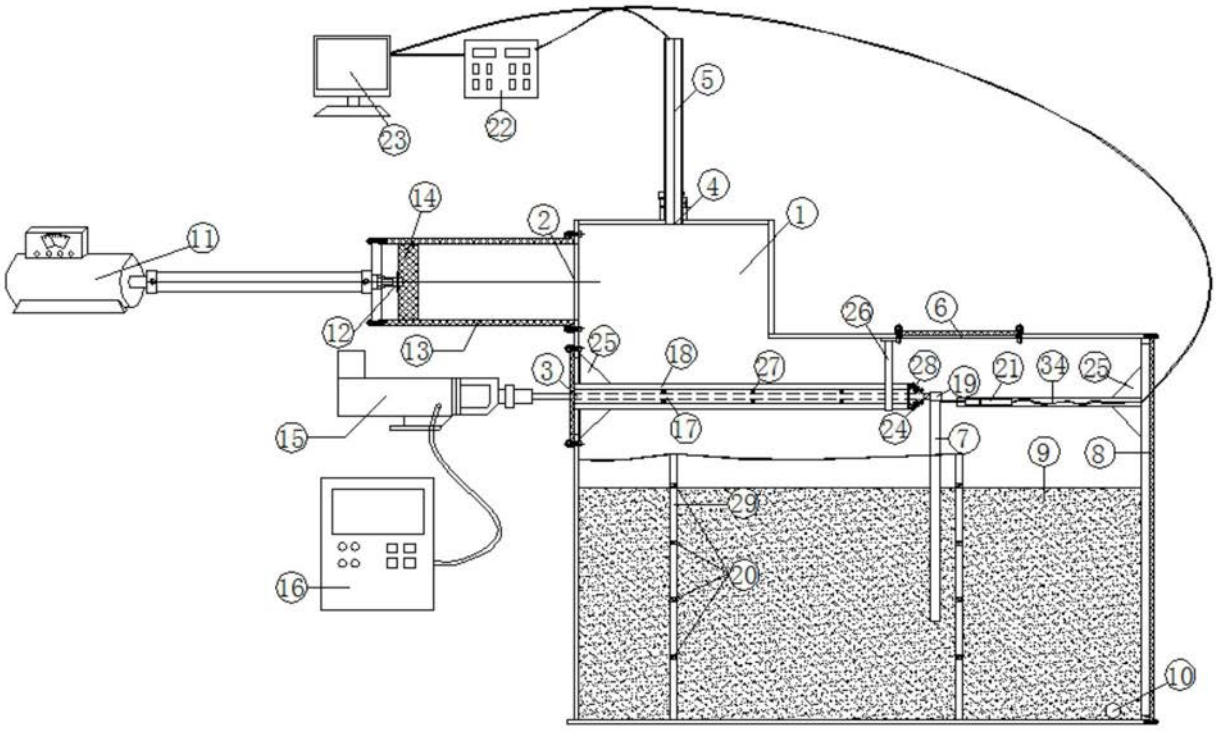

23
22
5
4
1
14
2
11
26
6
12
13
25
18
27
28
21
34
25
3
19
15
17
24
7
9
8
29
20
16
10

图1

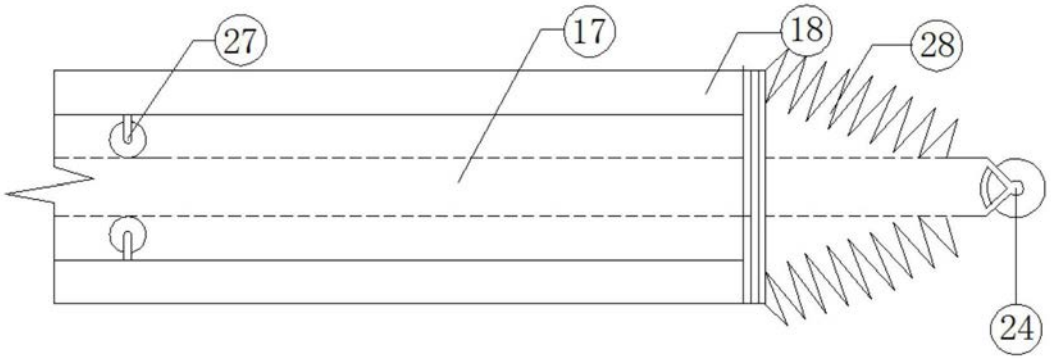

27
17
18
28
24

图2

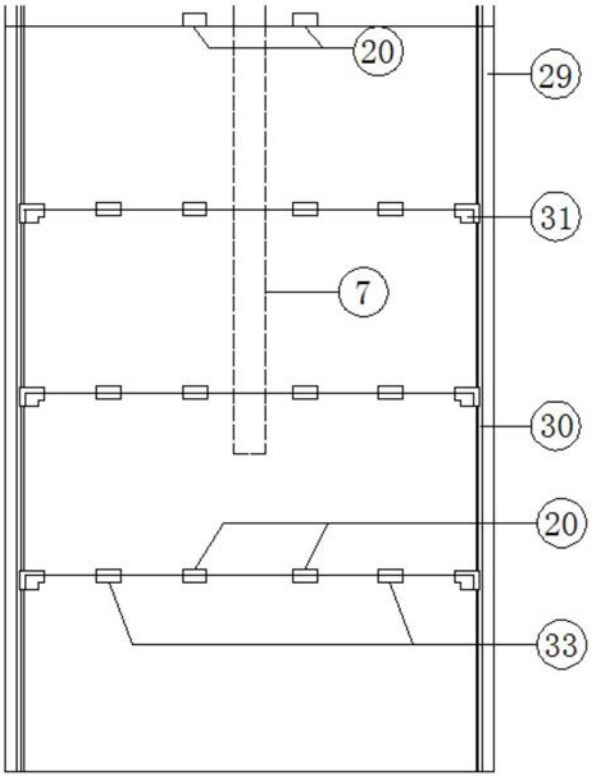


图3

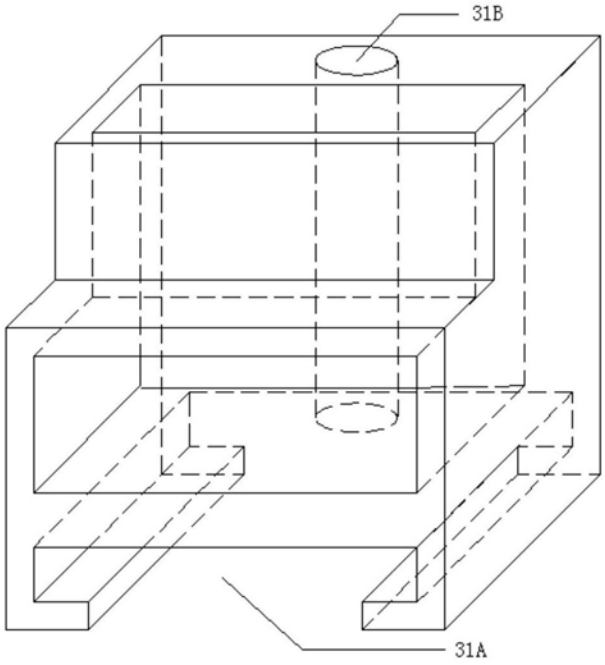


图4

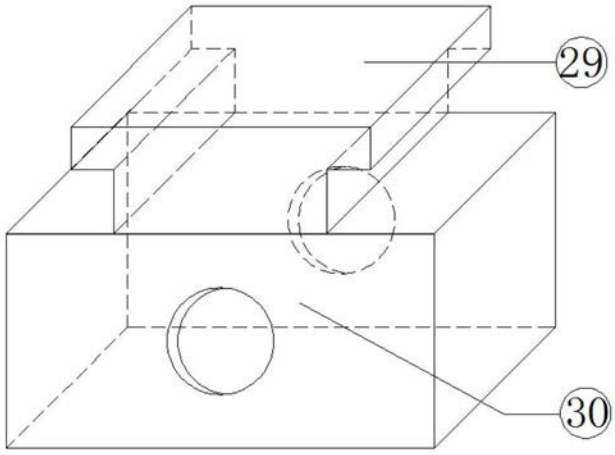


图5