



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107228791 B

(45)授权公告日 2019.10.01

(21)申请号 201710365909.0

(22)申请日 2017.05.23

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107228791 A

(43)申请公布日 2017.10.03

(73)专利权人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号

(72)发明人 陈建峰 郭小鹏 王兴涛 田丹

(74)专利代理机构 上海正旦专利代理有限公司

31200

代理人 张磊

(51)Int.Cl.

G01N 3/00(2006.01)

G01N 3/06(2006.01)

(56)对比文件

CN 105510100 A,2016.04.20,

CN 105044306 A,2015.11.11,

CN 203247613 U,2013.10.23,

CN 202925577 U,2013.05.08,

CN 104034545 A,2014.09.10,

CN 104807746 A,2015.07.29,

JP H11118430 A,1999.04.30,

审查员 陈云龙

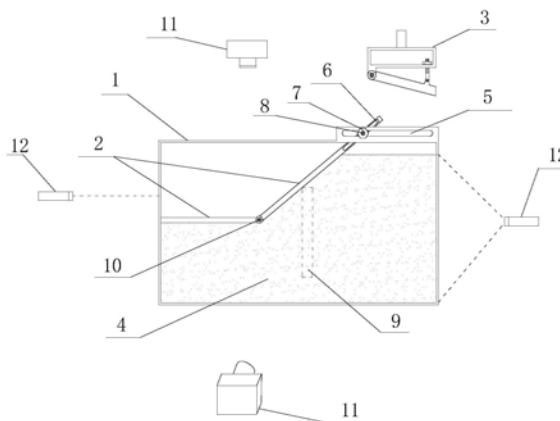
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种抗滑桩加固边坡可视化模型试验装置和试验方法

(57)摘要

本发明涉及一种抗滑桩加固边坡可视化模型试验装置和试验方法,属于岩土工程和地质工程技术领域。该装置主要由模型箱、边坡成型装置、加载装置、透明土、抗滑桩、激光发射器和数码相机构成,所述模型箱为四周由有机玻璃组成的透明箱体,箱内设有透明土边坡和抗滑桩,所述加载装置固定于加载机上,对边坡坡顶施加荷载,所述激光发射器分别设置在模型箱左右两侧,所述数码相机分别设置于模型箱的俯视面和正视面,用于拍摄箱顶和箱侧的清晰图像。与现有试验装置和试验方法相比,本发明能直观地观测抗滑桩桩体变形、桩侧土体位移以及桩间土拱的形成和破坏过程,其量测精准、可重复性强,可广泛用于边坡抗滑桩变形破坏内部机理的研究。



1. 一种抗滑桩加固边坡可视化模型试验装置,其特征在于:包括模型箱(1)、边坡成型装置(2)、加载装置(3)、透明土(4)、抗滑桩(9)、激光发射器(12)和数码相机(11);所述模型箱(1)内设有透明土(4)和抗滑桩(9);所述模型箱(1)为立方体结构,其相对的两个面上的顶部一侧设有箱体滑槽(5);所述边坡成型装置(2)由水平钢板(16)一端和带滑槽钢板(17)一端通过第二螺杆(10)连接成一体,用于建造边坡模型;水平钢板(16)的另一端紧靠模型箱(1)左侧内壁,且水平放置于透明土(4)之上,带滑槽钢板(17)另一端设有边坡成型装置滑槽(6),边坡成型装置滑槽(6)与箱体滑槽(5)通过第一螺杆(8)和第一螺母(7)相连,通过改变第一螺杆(8)在箱体滑槽(5)中的位置,可改变带滑槽钢板(17)与水平面之间的夹角 α ;所述加载装置(3)固定于加载机上,对边坡坡顶施加荷载;所述加载装置(3)由加载机连接杆(18)、加载装置钢架(22)和加载钢底板(25)组成;加载钢底板(25)的一端通过第四螺杆(23)和第三螺母(24)与加载装置钢架(22)连接,另一端由可转动的第三螺杆(19)和两个第二螺母(20)连接,第三螺杆(19)的一端通过螺栓(21)与加载钢底板(25)另一端相连,通过调节两个第二螺母(20)来控制加载钢底板(25)与水平面之间的夹角;所述激光发射器(12)分别设置在模型箱(1)左右两侧;所述数码相机(11)分别设置于模型箱(1)的俯视图和正视图,用于拍摄模型箱(1)箱顶和箱侧的清晰图像。

2. 根据权利要求1所述的一种抗滑桩加固边坡可视化模型试验装置,其特征在于:所述模型箱(1)是由若干个钢架(13)组成的长方体框架结构,其顶端开口,模型箱(1)底面焊接有一块钢板(14),模型箱(1)的四个侧面由四块透明的有机玻璃(15)拼接而成,且模型箱钢架(13)与有机玻璃(15)的接触处用防水胶进行密封。

3. 根据权利要求1所述的一种抗滑桩加固边坡可视化模型试验装置,其特征在于:所述的透明土(4)为高纯度熔融石英和与其具有相同折射率的无色孔隙液体在恒定温度下按比例混合配制而成,该透明土与天然土体的性质相似,无毒且性质稳定。

4. 一种如权利要求1所述的抗滑桩加固边坡可视化模型试验装置的使用方法,其特征在于具体步骤如下:

(1) 准备试验材料和器材

按照试验所要求的尺寸分别制作模型箱(1)、边坡成型装置(2)、加载装置(3)、抗滑桩(9)和用于模拟桩周土的透明土(4),并且准备符合试验要求的两个激光发射器(12),两台数码相机(11)和一台电脑;

(2) 建造抗滑桩边坡模型

将配制好的透明土分层填入模型箱(1)中,夯实填土直至模型箱(1)内填土达到设计高度,将抗滑桩(9)的一端埋入透明土体中至预定位置,整平土体;将边坡成型装置(2)的水平钢板(16)的左侧边缘紧贴模型箱(1)的左侧内壁,且水平放置于填土表面,另一块带滑槽钢板(17)通过第一螺杆(8)和第一螺母(7)将边坡成型装置滑槽(6)与箱体滑槽(5)相连,通过改变第一螺杆(8)在箱体滑槽(5)中的位置调节水平钢板(16)与水平面之间的夹角,以建造具有试验研究所需坡角的边坡,拧紧第一螺母(7);再次向模型箱(1)内分层填入并夯实透明土至设计的边坡高度,整平土体;

(3) 安装并调试试验设备

将模型箱(1)移至到加载机上并调整其至合适位置;通过加载机连接杆(18)将加载装置(3)与加载机相连,调节第二螺母(20)来控制加载钢底板(25)与水平面之间的夹角,以对

坡顶施加不同形式的荷载;调整加载装置(3)的位置使其加载钢底板(25)末端刚好接触边坡坡顶;在模型箱(1)的左侧和右侧分别安装激光发射器(12),调整激光切面的角度,使切面分别水平入射和垂直入射;在模型箱(1)的俯视面和正视面分别架设数码相机(11),并通过数据线与电脑联接,调整相机的位置及参数,使其焦平面与模型箱(1)表面平行且能拍摄到清晰的图像;

(4) 开始试验

取出边坡成型装置(2),打开激光发射器(12)、数码相机(11)和电脑,并设定电脑中各个参数,等待试验加载;通过加载机和加载装置(3)对边坡坡顶施加所需荷载,用数码相机(11)分别记录试验过程中箱顶和箱侧的图像,持续加载直至边坡破坏;

(5) 试验结果分析

试验加载结束后,通过图像处理软件对试验过程中数码相机所记录的图像进行分析,得到不同时刻下的桩体变形和桩周土的位移场;

(6) 重复步骤(1)-(5),以研究在不同坡角和不同形式荷载下的不同形式抗滑桩的变形和破坏模式、桩周土体的连续变形情况以及桩间土拱的形成和破坏全过程。

一种抗滑桩加固边坡可视化模型试验装置和试验方法

技术领域

[0001] 本发明属于岩土工程和地质工程技术领域,涉及一种模型试验装置和试验方法,具体涉及一种抗滑桩加固边坡可视化模型试验装置和试验方法。

背景技术

[0002] 我国西部山区的滑坡灾害频发,严重威胁了当地人们的生命和财产安全,因此滑坡的预防和治理尤为重要。滑坡灾害的治理措施种类繁多,目前大多采用锚索、锚杆以及抗滑桩等措施,但是对于地质条件复杂且滑面较深的大型滑坡,抗滑桩由于其对边坡的扰动较小且抗弯性能优良,能提供较大的抗力,因此被广泛用于滑坡的预防和治理中,而且在滑坡滑面较深、滑体较厚的情况下,抗滑桩可埋入土体一定深度,这样既能较好的发挥抗滑桩的抗滑性能,又能节省材料费用。国内技术人员对抗滑桩的治理设计主要依据国家规范,由于每个滑坡的复杂性和特殊性,仅依据规范必然会造成抗滑桩的不合理设计,而且浪费了大量的人力、物力和财力。因此研究抗滑桩在边坡中的受力与变形情况对抗滑桩的设计尤为重要。

[0003] 目前,国内外学者对抗滑桩的研究主要集中于抗滑桩的内力计算及其优化,抗滑桩受力后的变形与破坏模式,以及桩间土拱的形成与破坏的过程。大部分学者主要通过数值模拟的方法来研究边坡抗滑桩,一方面是研究其受力、变形情况以及滑裂面的分布情况,另一方面是研究抗滑桩桩间土拱的形成与破坏过程。由于实际滑坡治理工程中地质条件的复杂性与特殊性,数值模拟仅能研究抗滑桩在理想情况下的受力与破坏模式,不能反映实际情况下的变形与破坏过程,因此需要借助室内试验或现场测试来研究抗滑桩的受力与变形情况以及土拱的形成与破坏过程。部分学者通过1g缩尺模型试验或ng离心模型试验研究了抗滑桩的受力、变形以及破坏的模式,但是试验中所使用的边坡填土为自然界中的砂土或粘性土,这些土体不透明,只能观测土体表面的变形和破坏状况,因此试验中必须通过埋设多种传感器来测量土体内部的位移以及桩体的变形情况,而且在试验过程中只能观察边坡表面土体的位移情况,不能观测每一时刻土体内部的变形与位移情况。

[0004] 综上所述,目前在抗滑桩的模拟试验研究中还存在诸多的局限与不足,为此,本发明提供了一种抗滑桩加固边坡可视化模型试验装置和试验方法,更加方便、直观地在实验室内研究抗滑桩的变形及其破坏过程,桩周土体的位移以及桩间土拱的形成和破坏过程,而且在试验过程中不需要预埋传感器便可直观、便捷地量测桩体以及土体的位移,因此节省了部分试验费用,并简化了试验过程,更加节约时间。

发明内容

[0005] 本发明的目的,就是为解决现有的关于抗滑桩物理模拟试验中存在的不可视化缺陷,提供一种抗滑桩加固边坡可视化模型试验装置和试验方法。

[0006] 为实现上述技术目的,本发明可以通过以下技术方案来实现:

[0007] 一种抗滑桩加固边坡可视化模型试验装置,包括模型箱1、边坡成型装置2、加载装

置3、透明土4、抗滑桩9、激光发射器12和数码相机11；所述模型箱1内设有透明土4和抗滑桩9；所述模型箱1为立方体结构，其相对的两个面上的顶部一侧设有箱体滑槽5；所述边坡成型装置2由水平钢板16一端和带滑槽钢板17一端通过第二螺杆10连接成一体，用于建造边坡模型；水平钢板16的另一端紧靠模型箱1左侧内壁，且水平放置于透明土4之上，带滑槽钢板17另一端设有边坡成型装置滑槽6，边坡成型装置滑槽6与箱体滑槽5通过第一螺杆8和第一螺母7相连，通过改变第一螺杆8在箱体滑槽5中的位置，可改变带滑槽钢板17与水平面之间的夹角 α ；所述加载装置3固定于加载机上，对边坡坡顶施加荷载；所述加载装置3由加载机连接杆18、加载装置钢架22和加载钢底板25组成；加载钢底板25的一端通过第四螺杆23和第三螺母24与加载装置钢架22连接，另一端由可转动的第三螺杆19和两个第二螺母20连接，第三螺杆19的一端通过螺栓21与加载钢底板25另一端相连，通过调节两个第二螺母20来控制加载钢底板25与水平面之间的夹角；所述激光发射器12分别设置在模型箱1左右两侧；所述数码相机11分别设置于模型箱1的俯视面和正视面，用于拍摄模型箱1箱顶和箱侧的清晰图像。

[0008] 本发明中，所述模型箱1是由若干个钢架13组成的长方体框架结构，其顶端开口，模型箱1底面焊接有一块钢板14，模型箱1的四个侧面由四块透明的有机玻璃15拼接而成，且模型钢架13与有机玻璃15的接触处用防水胶进行密封。

[0009] 本发明中，所述的透明土4为高纯度熔融石英和与其具有相同折射率的无色孔隙液体在恒定温度下按比例混合配制而成，该透明土与天然土体的性质相似，无毒且性质稳定。

[0010] 本发明中，所述的激光发射器12所发射出的光源穿透性强，在透明土中可形成一个明亮的散斑切面，并可调整其散斑切面与水平面之间的角度。

[0011] 本发明提出的抗滑桩加固边坡可视化模型试验装置的使用方法，具体步骤如下：

[0012] (1) 准备试验材料和器材

[0013] 按照试验所要求的尺寸分别制作模型箱1、边坡成型装置2、加载装置3、抗滑桩9和用于模拟桩周土的透明土4，并且准备符合试验要求的两个激光发射器12，两台数码相机11和一台电脑；

[0014] (2) 建造抗滑桩边坡模型

[0015] 将配制好的透明土分层填入模型箱1中，夯实填土直至模型箱1内填土达到设计高度，将抗滑桩9的一端埋入透明土体中至预定位置，整平土体；将边坡成型装置2的水平钢板16的左侧边缘紧贴模型箱1的左侧内壁，且水平放置于填土表面，另一块带滑槽钢板17通过第一螺杆8和第一螺母7将边坡成型装置滑槽6与箱体滑槽5相连，通过改变第一螺杆8在箱体滑槽5中的位置调节水平钢板16与水平面之间的夹角，以建造具有试验研究所需坡角的边坡，拧紧第一螺母7；再次向模型箱1内分层填入并夯实透明土至设计的边坡高度，整平土体；

[0016] (3) 安装并调试试验设备

[0017] 将模型箱1移至到加载机上并调整其至合适位置；通过加载机连接杆18将加载装置3与加载机相连，调节第二螺母20来控制加载钢底板25与水平面之间的夹角，以对坡顶施加不同形式的荷载；调整加载装置3的位置使其加载钢底板25末端刚好接触边坡坡顶；在模型箱1的左侧和右侧分别安装激光发射器12，调整激光切面的角度，使切面分别水平入射和

垂直入射；在模型箱1的俯视面和正视面分别架设数码相机11，并通过数据线与电脑联接，调整相机的位置及参数，使其焦平面与模型箱1表面平行且能拍摄到清晰的图像；

[0018] (4)开始试验

[0019] 取出边坡成型装置2，打开激光发射器12、数码相机11和电脑，并设定电脑中各个参数，等待试验加载；通过加载机和加载装置3对边坡坡顶施加所需荷载，用数码相机11分别记录试验过程中箱顶和箱侧的图像，持续加载直至边坡破坏；

[0020] (5)试验结果分析

[0021] 试验加载结束后，通过图像处理软件对试验过程中数码相机所记录的图像进行分析，得到不同时刻下的桩体变形和桩周土的位移场；

[0022] (6)重复步骤(1)-(5)，以研究在不同坡角和不同形式荷载下的不同形式抗滑桩的变形和破坏模式、桩周土体的连续变形情况以及桩间土拱的形成和破坏全过程。

[0023] 与现有技术相比，本发明具有以下优点：

[0024] 1.本发明中的模型箱的箱侧壁由四块有机玻璃组装而成，可从各个角度直接观测箱内试验现象。

[0025] 2.本发明中的边坡成型装置可改变其两块钢板之间的夹角，便于建造试验中所需的边坡，操作简便并可重复使用。

[0026] 3.本发明中的加载装置可改变其加载钢底板与水平面之间的夹角，便于研究试验中不同角度等形式的加载对边坡和抗滑桩的影响，调节方便并可重复使用。

[0027] 4.本发明中的透明土可便于在试验过程中观测土体内部的连续变形情况，通过架设不同方位的激光发射器可用来观测抗滑桩的变形和周围土体的位移情况，并且可观测桩间土拱的形成和破坏过程，可使试验研究更加直观可靠、量测简便。

[0028] 5.本发明中的数码相机通过数据线与电脑相连，可记录每一时刻的清晰图像，便于试验结束后分析不同时间下的抗滑桩和土体的变形和位移情况，并可通过后处理软件来进行进一步分析位移场情况。

附图说明

[0029] 图1为本发明的主视图；

[0030] 图2为本发明的俯视图(拆除掉边坡成型装置后)；

[0031] 图3为本发明的模型箱三维构造示意图；

[0032] 图4为本发明的边坡成型装置的主视图；

[0033] 图5为本发明的边坡成型装置的俯视图；

[0034] 图6为本发明的加载装置的主视图；

[0035] 图7为本发明的加载装置的侧视图；

[0036] 图中标号，1为模型箱，2为边坡成型装置，3为加载装置，4为透明土，5为箱体滑槽，6为边坡成型装置滑槽，7为第一螺母，8为第一螺杆，9为抗滑桩，10为第二螺杆，11为数码相机，12为激光发射器，13为模型箱钢架，14为模型箱底钢板，15为有机玻璃，16为水平钢板，17为带滑槽钢板，18为加载机连接杆，19为第三螺杆，20为第二螺母，21为螺栓，22为加载装置钢架，23为第四螺杆，24为第三螺母，25为加载钢底板。

具体实施方式

[0037] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。

[0038] 实施例1:

[0039] 一种抗滑桩加固边坡可视化模型试验装置和试验方法,主体结构如图1、2所示,模型箱1顶端开口,箱内填土为透明土4;边坡成型装置2由水平钢板16和带滑槽钢板17组成,用于建造边坡模型;加载装置3固定于加载机上,对边坡坡顶施加荷载;在模型箱1的左右两侧分别放置激光发射器12,发出的光源穿透透明土体形成明亮的切面,调整其光线的亮度和切面与水平面之间的夹角;在模型箱1的侧面和顶面分别架设数码相机11,将数码相机用数据线与电脑相连,调整数码相机的位置和参数。

[0040] 本实施例中的模型箱1,如图3所示,其内壁尺寸为55cm×15cm×35cm(长×宽×高),顶端开口,箱底面焊接一块模型箱底钢板14,箱侧壁由四块透明的有机玻璃15拼接而成。

[0041] 本实施例中的抗滑桩边坡模型高为15cm,坡顶宽度为20cm,坡角45°,坡脚处的土层厚度为15cm;抗滑桩9的截面尺寸为1cm×1cm,桩长22.5cm,两根抗滑桩均位于边坡中部,桩间距为7.5cm,桩顶与坡面齐平,抗滑桩9桩底与模型箱箱底接触。

[0042] 本实施例中的边坡成型装置2,如图4、5所示,由水平钢板16和带滑槽钢板17通过第二螺杆10连接成一体,钢板宽度均为14.9cm;建造边坡模型时,水平钢板16的左边缘紧靠模型箱1的左侧内壁,且水平放置于透明土4之上,另一块带滑槽钢板17通过第一螺杆8和第一螺母7将边坡成型装置滑槽6与箱体滑槽5相连,调整第一螺杆8和第一螺母7使带滑槽钢板17与水平面夹角为45°。

[0043] 本实施例中的加载装置3,如图6、7所示,由加载机连接杆18、加载装置钢架22和加载钢底板25组成;加载钢底板25的尺寸为16cm×14.5cm(长×宽),通过调节两个第二螺母20来控制加载钢底板25与水平面之间的夹角,为了便于形成一个连续滑面,将加载钢底板25与水平面的角度调整为15°,试验过程中的加载装置3的加载速率为1mm/min。

[0044] 本实施例中的透明土4为高纯度熔融石英砂和无色孔隙液体在室温25°C条件下混合配制而成,其中熔融石英砂SiO₂含量为99.99%,颗粒粒径为1-2mm,孔隙液体由15#白油和3#白油按体积比5:4混合而成,该透明土体与天然土体的性质相似,无毒且性质稳定,其透明深度可达14cm。

[0045] 本实施例中的激光发射器12的功率为150mW,波长650nm,发射出的光源穿透性强,在透明土4中可形成一个明亮的散斑切面。模型箱1右侧的激光发射器12距右侧箱壁15cm,其发出的光源所形成的明亮切面与水平面垂直,即与抗滑桩9平行,且该激光发射器12形成的切面穿透透明土并照射在抗滑桩9的桩侧,该切面用于研究桩体和周围土体的变形和破坏过程;模型箱1左侧的激光发射器12距左侧箱壁10cm,其发出的光源所形成的切面与水平面平行,即与抗滑桩9垂直,且该激光发射器12形成的切面位于抗滑桩9桩顶以下1cm处,该切面用于研究桩间土拱的形成和破坏全过程。

[0046] 本实施例中的数码相机11为高分辨率的数码单反相机,用三脚架将两台数码相机11分别固定在模型箱1的顶面和侧面,并调整其参数和位置,确保试验过程中拍摄到清晰的激光切面图像,试验中相机的图像拍摄间隔为5s。

[0047] 一种抗滑桩加固边坡可视化模型试验方法,其特征是它包括以下步骤:

[0048] (1) 准备试验材料和器材

[0049] 按照试验所要求的尺寸分别制作模型箱1、边坡成型装置2、加载装置3、抗滑桩9和模拟桩周土的透明土4,并且准备符合试验要求的两个激光发射器12,两台数码相机11和一台电脑;

[0050] (2) 建造抗滑桩边坡模型

[0051] 将配制好的透明土分层填入模型箱1中,夯实填土直至箱内填土达到设计高度,将抗滑桩9的一端埋入透明土体中至预定位置,整平土体;将边坡成型装置2的水平钢板16的左侧边缘紧贴模型箱1的左侧内壁,且水平放置于填土表面,另一块带滑槽钢板17通过第一螺杆8和第一螺母7将边坡成型装置滑槽6与箱体滑槽5相连,调节带滑槽钢板17与水平面之间的夹角,拧紧第一螺母7;再次向模型箱1内分层填入并夯实透明土至设计的边坡高度,整平土体;

[0052] (3) 安装并调试试验设备

[0053] 将模型箱1移至到加载机上并调整其至合适位置;通过加载机连接杆18将加载装置3与加载机相连,调节第二螺母20来控制加载钢底板25与水平面之间的夹角;调整加载装置3的位置使其加载钢底板25末端刚好接触边坡坡顶;在模型箱1的左侧和右侧分别安装激光发射器12,调整激光切面的角度,使切面分别水平入射和垂直入射;在模型箱1的俯视面和正视面分别架设数码相机11,并通过数据线与电脑联接,调整相机的位置及参数,使其焦平面与模型箱表面平行且能拍摄到清晰的图像;

[0054] (4) 开始试验

[0055] 取掉边坡成型装置2,打开激光发射器12、数码相机11和电脑,并设定电脑中各个参数,等待试验加载;通过加载机和加载装置3对边坡坡顶施加所需荷载,用数码相机11分别记录试验过程中箱顶和箱侧的图像,持续加载直至边坡破坏;

[0056] (5) 试验结果分析

[0057] 试验加载结束后,通过图像处理软件对试验过程中数码相机所记录的图像进行分析,得到不同时刻下的桩体变形和桩周土的位移场。

[0058] 上述方式中未述及的有关技术内容采取或借鉴已有技术即可实现。

[0059] 需要说明的是,在本说明书的教导下本领域技术人员还可以作出这样或那样的容易变化方式,诸如等同方式,或明显变形方式。上述的变化方式均应在本发明的保护范围之内。

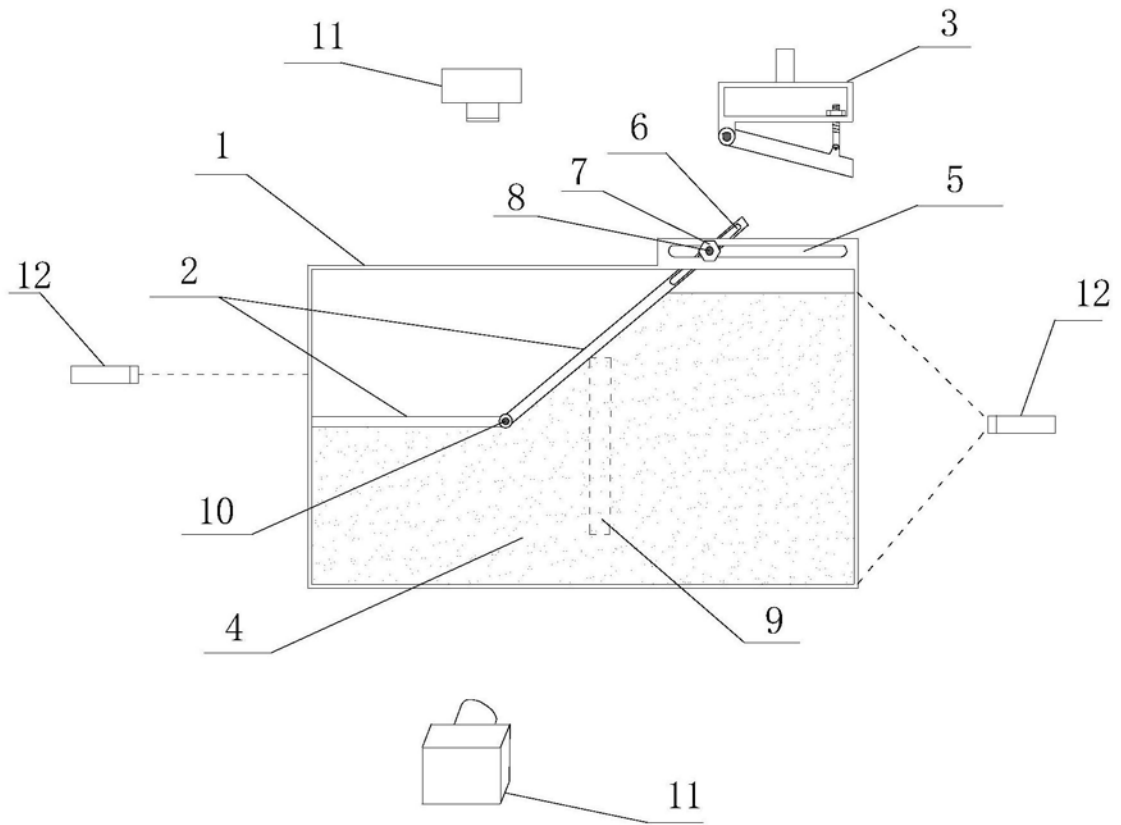


图1

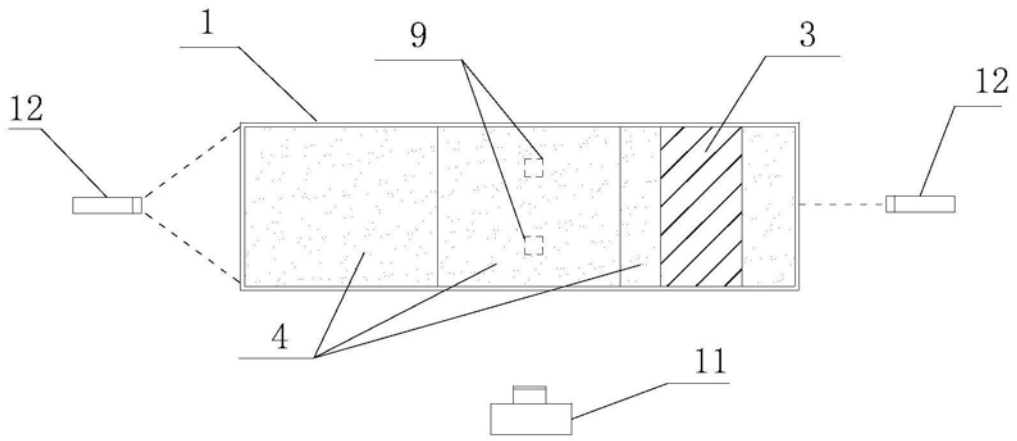


图2

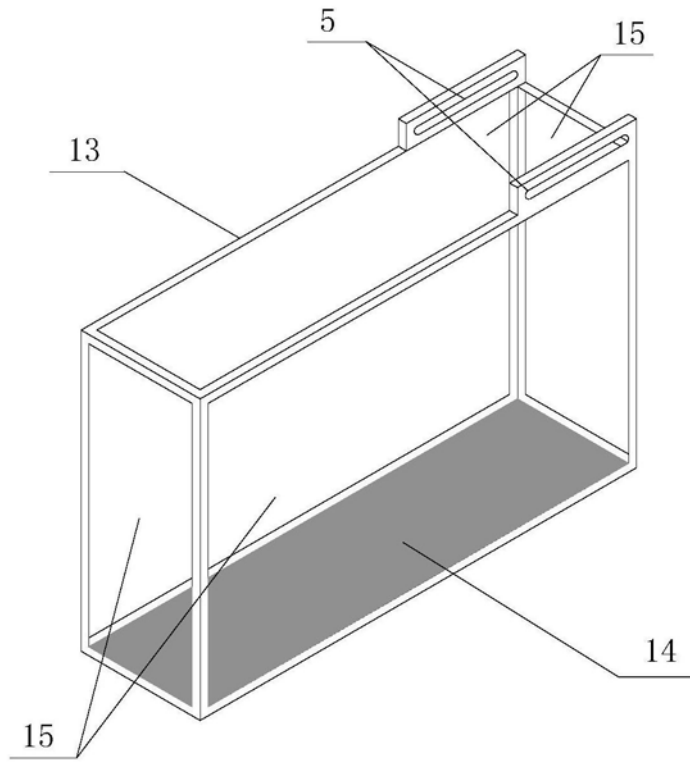


图3

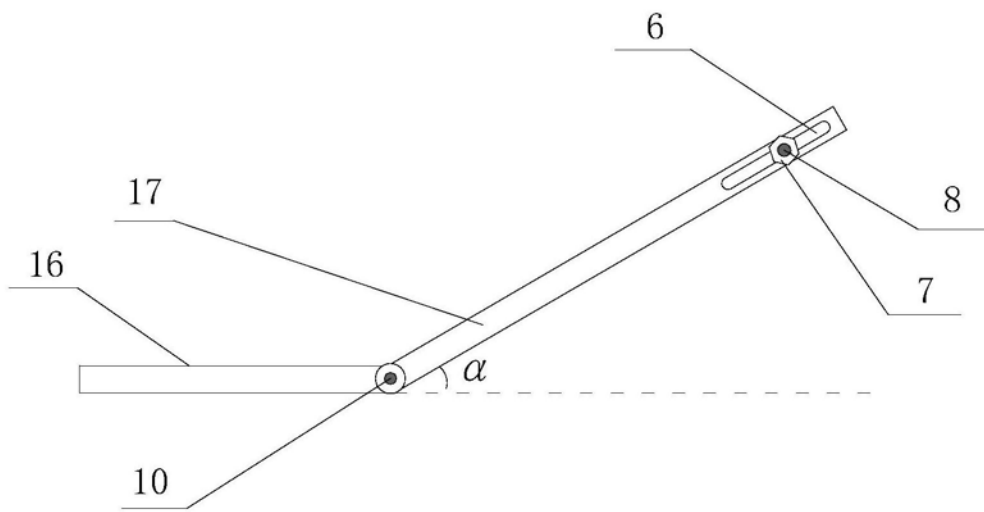


图4

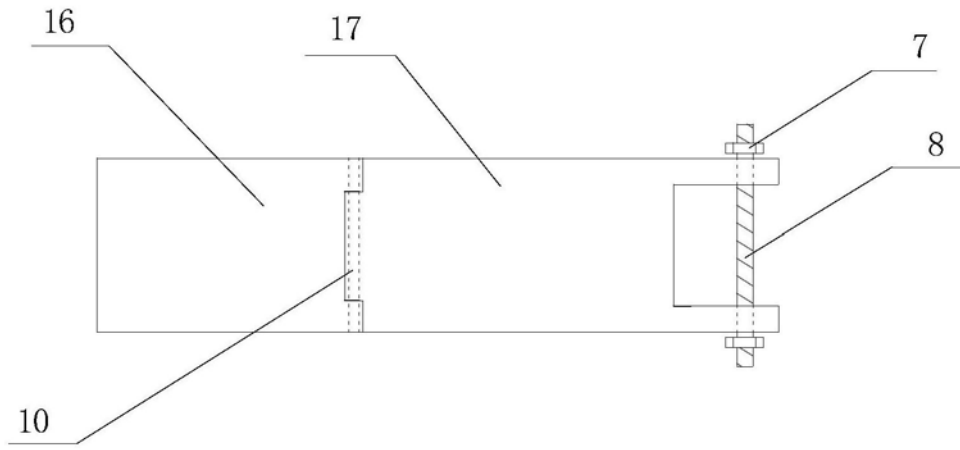


图5

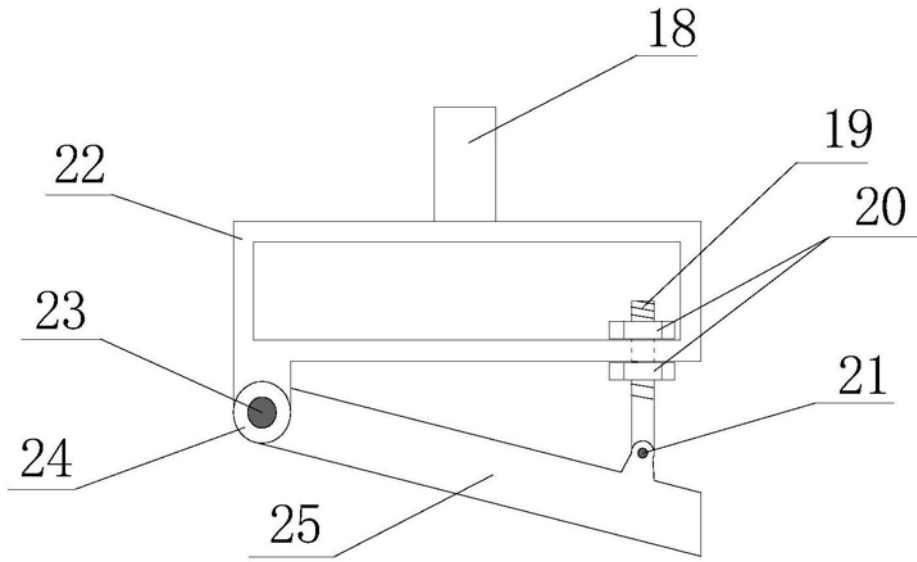


图6

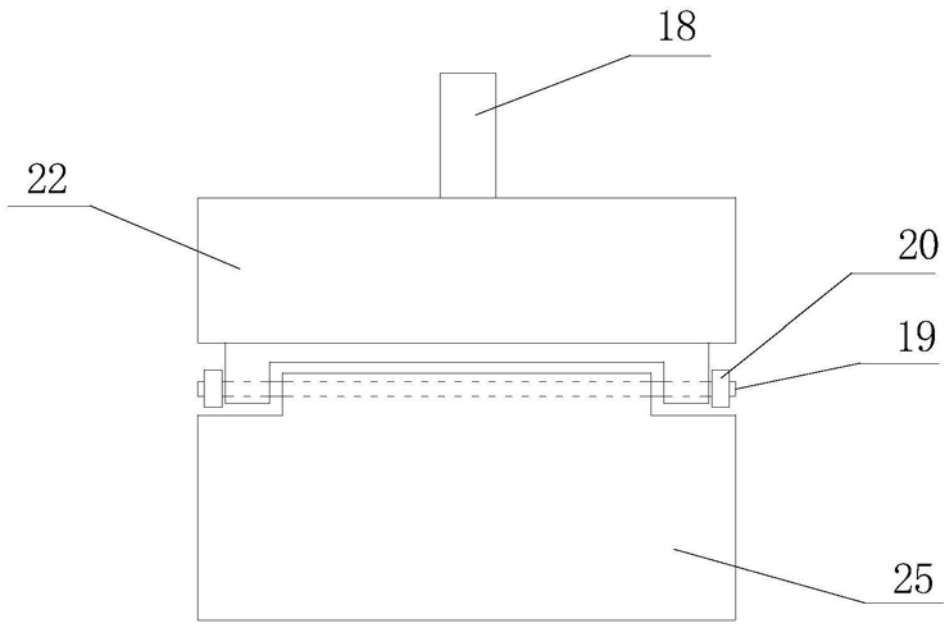


图7