



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110565707 A

(43)申请公布日 2019.12.13

(21)申请号 201910946841.4

(22)申请日 2019.10.07

(71)申请人 吉林大学

地址 130000 吉林省长春市前进大街2699号

(72)发明人 张领帅 王常明 高瑞源 刘一奥 刘潇阳

(74)专利代理机构 苏州创策知识产权代理有限公司 32322

代理人 范圆圆

(51)Int.Cl.

E02D 33/00(2006.01)

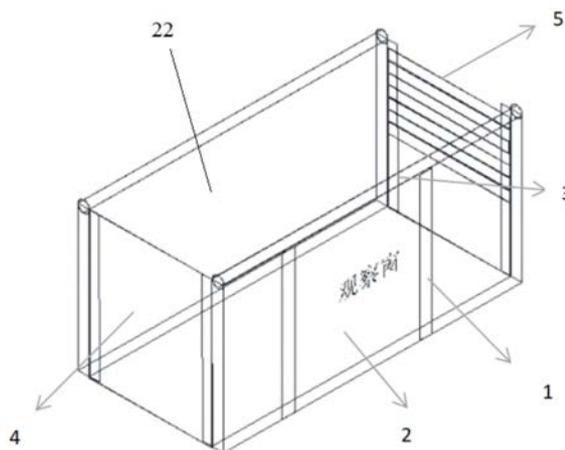
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

## (54)发明名称

一种基于相似理论的基坑桩锚支护体系物理模拟装置及模拟方法

## (57)摘要

本发明公开了一种基于相似理论的基坑桩锚支护体系物理模拟装置及模拟方法,包括模型箱、加压系统、监测系统、内部支护系统和土体填装系统,其中模型箱上设置有导轨,加压系统、监测系统的地表竖向位移监测部分以及土体填装系统的撒土箱均布置在模型箱上方,撒土箱和加压系统可沿着模型箱导轨横向自由移动,监测系统主要包括位移传感器、土压力盒和高精度百分表,其中位移传感器与土压力盒均固定在桩身上,外接信号采集设备进行数据采集。本发明采用相似原理,可靠性好,对各种尺度的桩锚支护结构的基坑都有较好的适用性,各部分采用模块化安装,可操作性强,便于重复试验。



1. 一种基于相似理论的基坑桩锚支护体系物理模拟装置,其特征在于,包括模型箱(22)、加压系统、监测系统、内部支护系统和土体填装系统,在所述模型箱(22)上部安装对称的两个导轨(3),加压系统、监测系统的地表竖向位移监测部分以及土体填装系统的撒土箱(6)均布置在模型箱(22)上方,所述撒土箱(6)的底部设有与导轨(3)滑动连接的滑轮(10),所述加压系统包括液压千斤顶(8)、承压板(9)、压力传感器和横梁(7),所述支护系统包括支护桩(14)、冠梁(13)、腰梁(16)和锚杆(17),所述监测系统包括高精度的百分表(12)、固定百分表用横梁(11)、土压力盒(18)和位移传感器(19)。

2. 根据权利要求1所述的一种基于相似理论的基坑桩锚支护体系物理模拟装置,其特征在于,所述模型箱(22)前侧安装玻璃观察窗(2)和固定玻璃观察窗(2)的固定横梁(1),便于观察,其余侧面均采用钢板,且所述模型箱(22)左侧安装有单块可抽出挡板(4),方便了试验前后的土体填装与卸装过程,所述模型箱(22)右侧安装有可分层抽出式挡板(5)方便了模拟开挖过程的卸土过程。

3. 根据权利要求1所述的一种基于相似理论的基坑桩锚支护体系物理模拟装置,其特征在于所述液压千斤顶(8)固定在横梁(7)下端,承压板(9)安装在所述液压千斤顶(8)的输出端的底部,压力传感器安装在承压板(9)的底部,所述横梁(7)的底部两端安装有与导轨(3)滑动连接的滑轮(10),通过移动横梁(7)调整加压位置,压力通过平滑的承压板(9)作用在土体之上。

4. 根据权利要求1所述的一种基于相似理论的基坑桩锚支护体系物理模拟装置,其特征在于,所述支护桩(14)通过冠梁(13)用螺母进行固定,腰梁(16)与桩体通过螺钉(15)与螺母固定在一起,锚杆(17)穿过腰梁(16)同样通过螺钉(15)与螺母进行固定。

5. 根据权利要求1所述的一种基于相似理论的基坑桩锚支护体系物理模拟装置,其特征在于,所述百分表(12)通过玻璃胶根据监测精度需要以一定间隔固定在固定百分表用横梁(11)上,其测量头下设平滑接触垫与土体接触,位移传感器(19)通过玻璃胶根据精度需要以一定间隔固定在支护桩(14)侧面,土压力盒(18)对称地用玻璃胶固定在支护桩(14)前后表面,位移传感器(19)和土压力盒(18)均外接信号采集转换仪器进行数据的收集与处理。

6. 根据权利要求1所述的一种基于相似理论的基坑桩锚支护体系物理模拟装置,其特征在于,所述支护桩(14)采用PVC管进行模拟,冠梁(13)采用木板进行模拟,腰梁(16)和锚杆(17)采用铝片进行模拟,各部件材料的选择均是按照相似理论考虑其力学与变形特性进行选取。

7. 根据权利要求1所述的一种基于相似理论的基坑桩锚支护体系物理模拟方法,其步骤如下:

步骤一:拼装模型箱(22)的左侧的单块可抽出挡板(4)与右侧的可分层抽出式挡板(5),在模型箱(22)各侧壁挡板上抹上凡士林进行润滑处理;

步骤二:将撒土箱(6)的底部滑轮(10)安装到模型箱(22)的导轨(3)之中,并保证可沿导轨(3)顺利滑动;

步骤三:进行试验时,首先将适量土体相似材料通过螺旋式输送机输送到撒土箱(6)中,分多次均匀撒落到模型箱(22)中,根据要模拟的基坑土体密实度进行均匀压实作为基坑底部土体;

步骤四：用冠梁(13)将各支护桩用螺钉(15)和螺母固定为一个整体，桩间距与支护桩(14)尺寸通过相似理论进行计算，同样地，依据实际工程，按相似换算所得间距固定腰梁(16)；

步骤五：用玻璃胶将监测系统的土压力盒(18)与位移传感器(19)依据监测精度按一定间距固定到桩身上，其中土压力盒(18)要在桩前桩后对称布置，以便获取桩前桩后的土压力分布；

步骤六：将支护桩(14)插入土体，继续通过撒土装置进行填土，直到没过支护桩(14)；

步骤七：依据开挖位置固定加压装置的横梁(7)，调整液压千斤顶(8)的位置，依据实际工程施加外部荷载，并将固定百分表用横梁(11)固定到模型箱(22)上方，并安装百分表(12)，保证百分表(12)的探头与底部木质垫板良好接触；

步骤八：依据实际工程通过相似比换算得到每次开挖的深度，每次开挖之前抽掉模型箱(22)右侧对应数量的挡板，进行施工开挖。开挖到指定位置之时，对支护桩(14)前土体进行钻孔施工，埋设锚杆(17)，并通过螺钉(15)和螺母固定到腰梁(16)之上；

步骤九：每次开挖均可通过监测系统的土压力盒获取各个施工阶段的桩体所受土压力、通过百分表(12)获取周边地表沉降、用位移传感器(19)获取桩身位移，对支护桩(14)的监测可选取若干测试桩(20)进行监测；

步骤十：每次开挖为模拟实际工况应静置一段时间再继续开挖。直到开挖到根据相似比计算所得的基坑深度为止。

## 一种基于相似理论的基坑桩锚支护体系物理模拟装置及模拟方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及土木工程测试领域,具体来说,涉及一种基于相似理论的基坑桩锚支护体系物理模拟装置及模拟方法。

### 背景技术

[0002] 通过物理试验的方法对大型基坑工程模拟其施工过程效果是一种可靠有效的手段,但物理模型的构建常常需要考虑多种因素,包括材料与模型比例的选择等。目前按模拟尺度划分可分为原位施工效果模拟试验和小尺度物理模型试验,原位施工效果试验即选取实际工程施工区域进行1:1尺度的施工效果试验,通过反复调整施工参数与方法确定最佳施工方案。这种方法虽然模拟效果较好,但成本较高,且模型不能重复利用,无法进行多组试验模拟。

[0003] 传统的小尺度物理模型试验结构相对简单,包括模型箱和支护装置但支护装置各部分相互独立,安装繁琐复杂,拆卸困难,灵活性较差,且模拟较大尺度的基坑工程时,填土过程费时费力。

[0004] 针对相关技术中的问题,目前尚未提出有效的解决方案。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种基于相似理论的基坑桩锚支护体系支护效果模拟监测系统,可以模拟基坑施工的各个过程并获取相应的土压力与位移分布模式,从而对基坑的施工效果进行评价,为探索更好的施工方案提供有效的研究手段。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:一种基于相似理论的基坑桩锚支护体系物理模拟装置及模拟方法,包括模型箱、加压系统、监测系统、内部支护系统和土体填装系统,在所述模型箱上部安装对称的两个导轨,加压系统、监测系统的地表竖向位移监测部分以及土体填装系统的撒土箱均布置在模型箱上方,所述撒土箱的底部设有与导轨滑动连接的滑轮,所述加压系统包括液压千斤顶、承压板、压力传感器和横梁,所述支护系统包括支护桩、冠梁、腰梁和锚杆,所述监测系统包括高精度百分表、固定百分表用横梁、土压力盒和位移传感器。

[0007] 进一步的,所述模型箱前侧安装玻璃观察窗和固定玻璃观察窗的固定横梁,便于观察,其余侧面均采用钢板,且所述模型箱左侧安装有单块可抽出挡板,方便了试验前后的土体填装与卸装过程,所述模型箱右侧安装有可分层抽出式挡板方便了模拟开挖过程的卸土过程。

[0008] 进一步的,所述液压千斤顶固定在横梁下端,承压板安装在所述液压千斤顶的输出端的底部,压力传感器安装在承压板的底部,所述横梁的底部两端安装有与导轨滑动连接的滑轮,通过移动横梁调整加压位置,压力通过平滑的承压板作用在土体之上。

[0009] 进一步的,所述支护桩通过冠梁用螺母进行固定,腰梁与桩体通过螺钉与螺母固

定在一起,锚杆穿过腰梁同样通过螺钉与螺母进行固定。

[0010] 进一步的,所述百分表通过玻璃胶根据监测精度需要以一定间隔固定在固定百分表用横梁上,其测量头下设平滑接触垫与土体接触,位移传感器通过玻璃胶根据精度需要以一定间隔固定在支护桩侧面,土压力盒对称地用玻璃胶固定在支护桩前后表面,位移传感器和土压力盒均外接信号采集转换仪器进行数据的收集与处理。

[0011] 进一步的,所述支护桩采用PVC管进行模拟,冠梁采用木板进行模拟,腰梁和锚杆采用铝片进行模拟,各部件材料的选择均是按照相似理论考虑其力学与变形特性进行选取。

[0012] 一种基于相似理论的基坑桩锚支护体系物理模拟方法,其步骤如下:

[0013] 步骤一:拼装模型箱的左侧的单块可抽出挡板与右侧的可分层抽出式挡板,在模型箱各侧壁挡板上抹上凡士林进行润滑处理;

[0014] 步骤二:将撒土箱的底部滑轮安装到模型箱的导轨之中,并保证可沿导轨顺利滑动;

[0015] 步骤三:进行试验时,首先将适量土体相似材料通过螺旋式输送机输送到撒土箱中,分多次均匀撒落到模型箱中,根据要模拟的基坑土体密实度进行均匀压实作为基坑底部土体;

[0016] 步骤四:用冠梁将各支护桩用螺钉和螺母固定为一个整体,桩间距与排桩尺寸通过相似理论进行计算,同样地,依据实际工程,按相似换算所得间距固定腰梁;

[0017] 步骤五:用玻璃胶将监测系统的土压力盒与位移传感器依据监测精度按一定间距固定到桩身上,其中土压力盒要在桩前桩后对称布置,以便获取桩前桩后的土压力分布;

[0018] 步骤六:将支护桩插入土体,继续通过撒土装置进行填土,直到没过排桩;

[0019] 步骤七:依据开挖位置固定加压装置的横梁,调整千斤顶的位置,依据实际工程施加外部荷载,并将固定百分表用横梁固定到模型箱上方,并安装百分表,保证百分表探头与底部木质垫板良好接触;

[0020] 步骤八:依据实际工程通过相似比换算得到每次开挖的深度,每次开挖之前抽掉模型箱右侧对应数量的挡板,进行施工开挖。开挖到指定位置之时,对支护桩前土体进行钻孔施工,埋设锚杆,并通过螺钉螺母固定到腰梁之上;

[0021] 步骤九:每次开挖均可通过监测系统的土压力盒获取各个施工阶段的桩体所受土压力、通过百分表获取周边地表沉降、用位移传感器获取桩身位移,对支护桩的监测可选取若干测试桩进行监测;

[0022] 步骤十:每次开挖为模拟实际工况应静置一段时间再继续开挖。直到开挖到根据相似比计算所得的基坑深度为止。

[0023] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0024] (1) 基坑支护结构体系及土体均按照相似比设计,可模拟实际基坑开挖、支护的全过程,并获得施工过程中支护结构及岩土体的位移、土压力等信息;(2) 装置各部件可根据实际基坑结构,灵活、方便地组装与拆卸模型,可操作性强,并可重复进行模拟试验;(3) 提供了较全面的小尺度基坑开挖支护模拟的监测方案,依据相似原理进行模拟,试验结果可靠;(4) 模拟装置结构合理、试验材料成本低,可模拟不同规模的桩锚支护体系的基坑,具有良好的经济性和适用性,便于应用推广。

## 附图说明

[0025] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例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本发明的一些实施例,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,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0026] 图1为模型箱结构示意图;

[0027] 图2为撒土箱与加压装置与模型箱的结合示意图;

[0028] 图3为监测系统的百分表与横梁固定位置示意图;

[0029] 图4为内部支护系统各部件连结示意图;

[0030] 图5为桩体监测部分土压力盒与位移传感器和桩的连结示意图;

[0031] 图6为进行监测试验时测试桩平面布置图。

[0032] 附图标记:

[0033] 1、固定钢梁;2、玻璃观察窗;3、导轨;4、单块可抽出挡板;5、可分层抽出式挡板;6、撒土箱;7、横梁;8、液压千斤顶;9、承压板;10、滑轮;11、固定百分表用横梁;12、百分表;13、冠梁;14、支护桩;15、螺钉;16、腰梁;17、锚杆;18、土压力盒;19、位移传感器;20、测试桩;21、模型桩;22、模型箱。

## 具体实施方式

[0034] 下面,结合附图以及具体实施方式,对发明做出进一步的描述:

[0035] 请参阅图1-6,根据本发明实施例的一种基于相似理论的基坑桩锚支护体系物理模拟装置及模拟方法,模型箱22、加压系统、监测系统、内部支护系统和土体填装系统,在模型箱22上部安装对称的两个导轨3,加压系统、监测系统的地表竖向位移监测部分以及土体填装系统的撒土箱6均布置在模型箱22上方,撒土箱6的底部设有与导轨3滑动连接的滑轮10,加压系统包括液压千斤顶8、承压板9、压力传感器和横梁7,支护系统包括支护桩14、冠梁13、腰梁16和锚杆17,监测系统包括高精度的百分表12、固定百分表用横梁11、土压力盒18和位移传感器19。

[0036] 通过本发明的上述方案,模型箱22前侧安装玻璃观察窗2和固定玻璃观察窗2的固定横梁1,便于观察,其余侧面均采用钢板,且模型箱22左侧安装有单块可抽出挡板4,方便了试验前后的土体填装与卸装过程,模型箱22右侧安装有可分层抽出式挡板5方便了模拟开挖过程的卸土过程。

[0037] 通过本发明的上述方案,所述液压千斤顶8固定在横梁7下端,承压板9安装在所述液压千斤顶8的输出端的底部,压力传感器安装在承压板9的底部,所述横梁7的底部两端安装有与导轨3滑动连接的滑轮10,通过移动横梁7调整加压位置,压力通过平滑的承压板9作用在土体之上。

[0038] 通过本发明的上述方案,支护桩14通过冠梁13用螺母进行固定,腰梁16与桩体通过螺钉15与螺母固定在一起,锚杆17穿过腰梁16同样通过螺钉15与螺母进行固定。

[0039] 通过本发明的上述方案,百分表12通过玻璃胶根据监测精度需要以一定间隔固定在固定百分表用横梁11上,其测量头下设平滑接触垫与土体接触,位移传感器19通过玻璃胶根据精度需要以一定间隔固定在支护桩14侧面,土压力盒18对称地用玻璃胶固定在支护

桩14前后表面,位移传感器19和土压力盒18均外接信号采集转换仪器进行数据的收集与处理。

[0040] 通过本发明的上述方案,支护桩14采用PVC管进行模拟,冠梁13采用木板进行模拟,腰梁16和锚杆17采用铝片进行模拟,各部件材料的选择均是按照相似理论考虑其力学与变形特性进行选取。

[0041] 一种基于相似理论的基坑桩锚支护体系物理模拟方法,其步骤如下:

[0042] 步骤一:拼装模型箱22的左侧的单块可抽出挡板4与右侧的可分层抽出式挡板5,在模型箱22各侧壁挡板上抹上凡士林进行润滑处理;

[0043] 步骤二:将撒土箱6的底部滑轮10安装到模型箱22的导轨3之中,并保证可沿导轨3顺利滑动;

[0044] 步骤三:进行试验时,首先将适量土体相似材料通过螺旋式输送机输送到撒土箱6中,分多次均匀撒落到模型箱22中,根据要模拟的基坑土体密实度进行均匀压实作为基坑底部土体;

[0045] 步骤四:用冠梁13将各支护桩用螺钉15和螺母固定为一个整体,桩间距与支护桩14尺寸通过相似理论进行计算,同样地,依据实际工程,按相似换算所得间距固定腰梁16;

[0046] 步骤五:用玻璃胶将监测系统的土压力盒18与位移传感器19依据监测精度按一定间距固定到桩身上,其中土压力盒18要在桩前桩后对称布置,以便获取桩前桩后的土压力分布;

[0047] 步骤六:将支护桩14插入土体,继续通过撒土装置进行填土,直到没过支护桩14;

[0048] 步骤七:依据开挖位置固定加压装置的横梁7,调整液压千斤顶8的位置,依据实际工程施加外部荷载,并将固定百分表用横梁11固定到模型箱22上方,并安装百分表12,保证百分表12的探头与底部木质垫板良好接触;

[0049] 步骤八:依据实际工程通过相似比换算得到每次开挖的深度,每次开挖之前抽掉模型箱22右侧对应数量的挡板,进行施工开挖。开挖到指定位置之时,对支护桩14前土体进行钻孔施工,埋设锚杆17,并通过螺钉15和螺母固定到腰梁16之上;

[0050] 步骤九:每次开挖均可通过监测系统的土压力盒获取各个施工阶段的桩体所受土压力、通过百分表12获取周边地表沉降、用位移传感器19获取桩身位移,对支护桩14的监测可选取若干测试桩20进行监测;

[0051] 步骤十:每次开挖为模拟实际工况应静置一段时间再继续开挖。直到开挖到根据相似比计算所得的基坑深度为止。

[0052] 最后应说明的是:以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限定本发明,尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,对于本领域的技术人员来说,其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

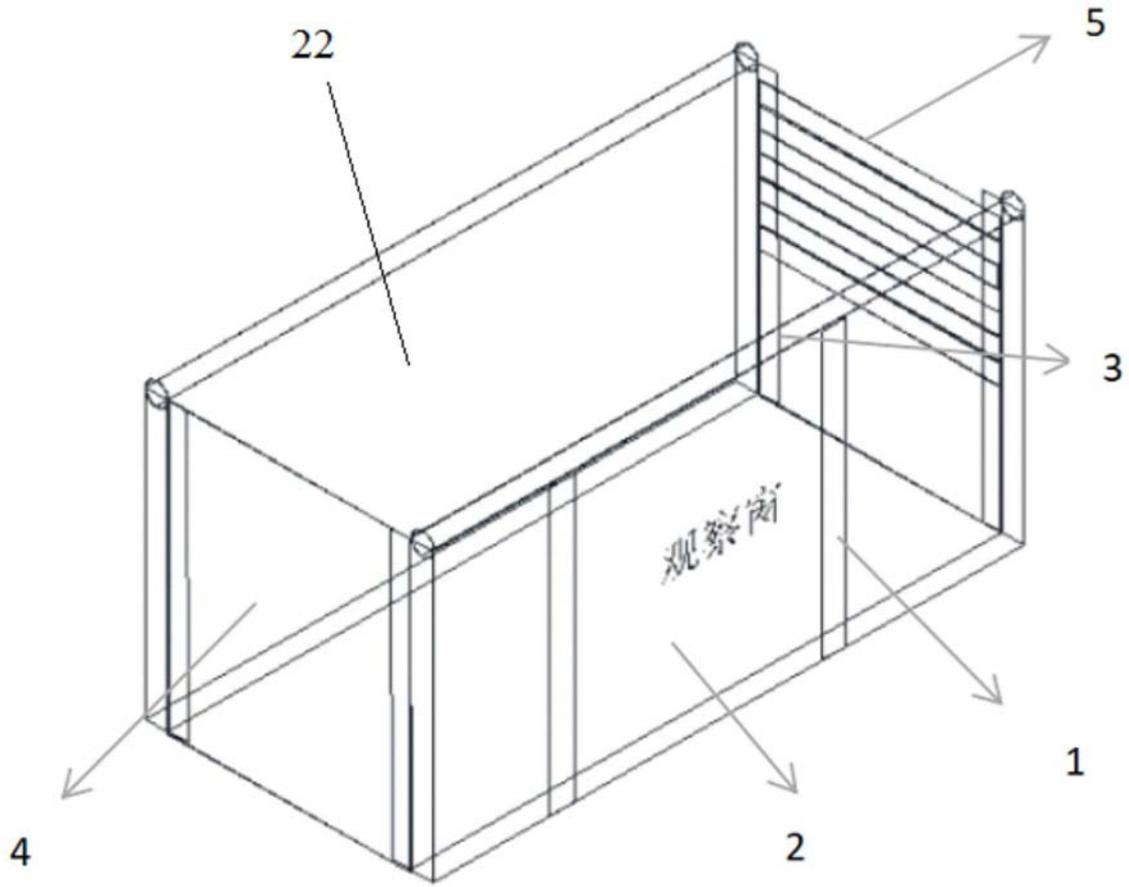


图1

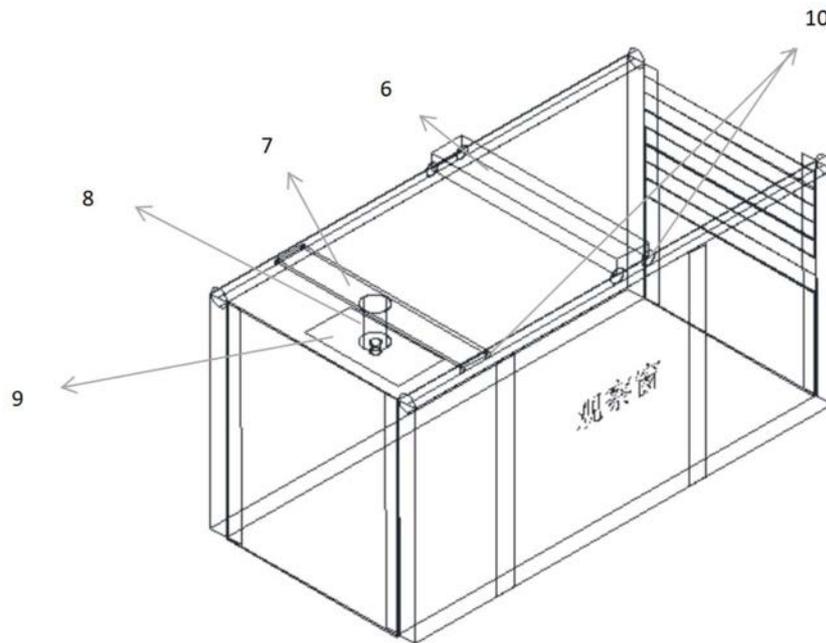


图2

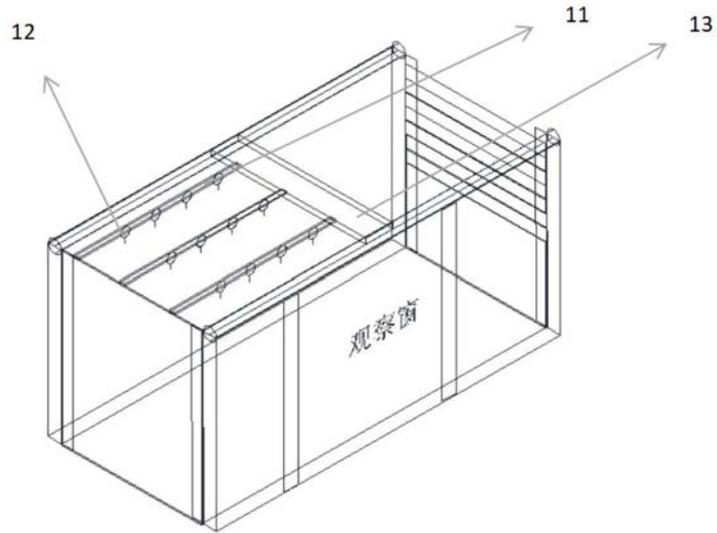


图3

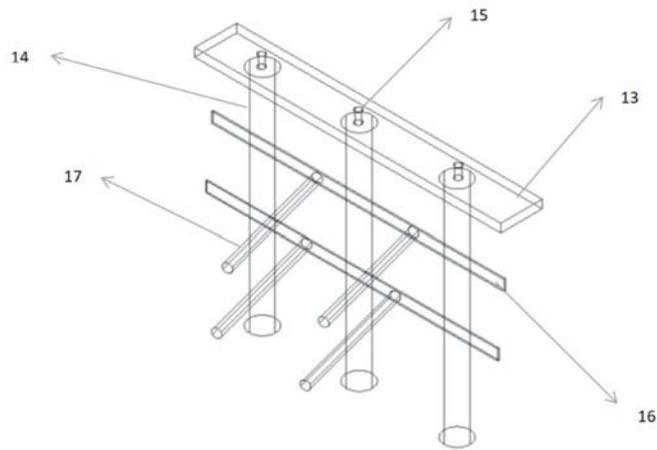


图4

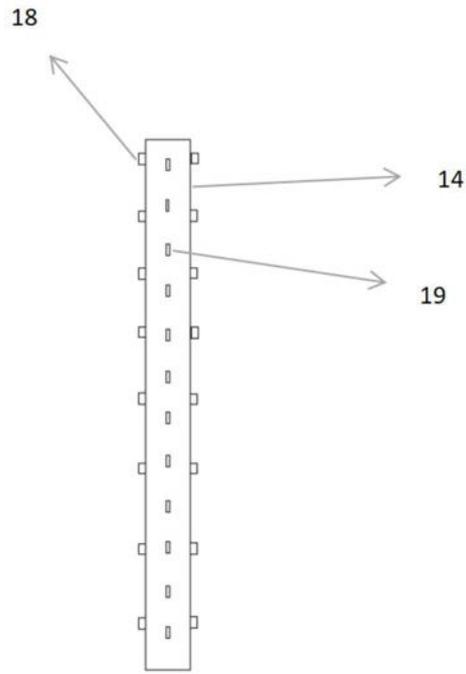


图5

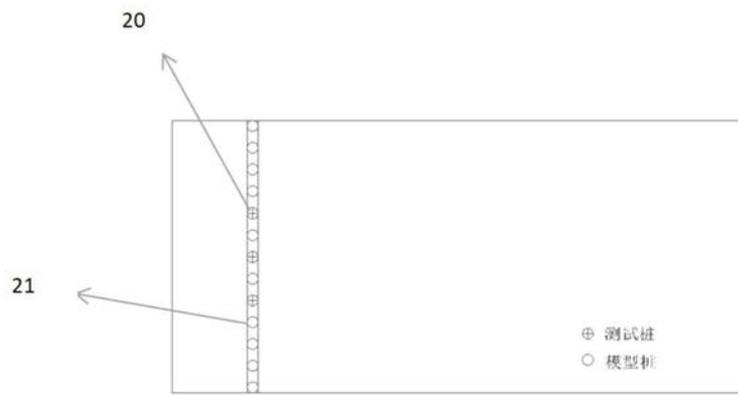


图6