



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113686665 B

(45) 授权公告日 2025. 01. 03

(21) 申请号 202110747826.4

G01N 3/02 (2006.01)

(22) 申请日 2021.07.01

G01N 15/08 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113686665 A

(56) 对比文件

CN 108593502 A, 2018.09.28

CN 109974593 A, 2019.07.05

(43) 申请公布日 2021.11.23

CN 111537415 A, 2020.08.14

(73) 专利权人 浙江工业大学
地址 310000 浙江省杭州市西湖区留和路
288号浙江工业大学屏峰校区

审查员 全先荣

(72) 发明人 孙宏磊 何自立 陆靖凌 翁振奇
吴健 杨杓 汪万杰

(74) 专利代理机构 杭州斯可睿专利事务所有限
公司 33241
专利代理师 郑书利

(51) Int. Cl.

G01N 3/08 (2006.01)

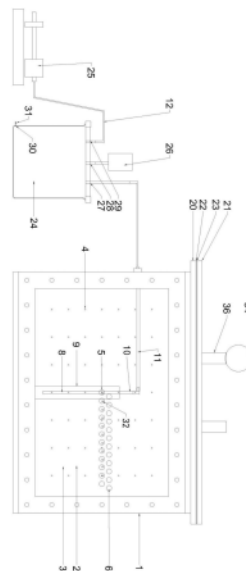
权利要求书2页 说明书6页 附图7页

(54) 发明名称

可调围压的真空预压中土体变形特性的试验和观测系统及试验方法

(57) 摘要

本发明公开一种可调围压的真空预压中土体变形特性的试验和观测系统,包括土体真空固结系统、真空驱动系统、围压系统和监测系统;土体真空固结系统包括:用于装填试验土体的模型箱;围压系统设置于模型箱中,模型箱两侧设有滑板,两侧滑板分别在模型箱两侧端形成膨胀控制腔,其中设置有风琴气囊,风琴气囊通过管道与外部的泵和气压控制装置连接;模型箱中的试验土体的上方覆盖有土工布,土工布的上方覆盖有真空膜;真空驱动系统包括:用于收集模型箱内排出的水与气的真空水汽分离箱、用于提供负压的真空射流泵、以及用于调节试验系统内真空荷载的真空压力控制装置。上述试验和观测系统能够更加精准地试验和观测真空预压中的土体的变形特性。



1. 一种可调围压的真空预压中土体变形特性的试验和观测系统,包括土体真空固结系统、真空驱动系统、围压系统和监测系统;

所述土体真空固结系统包括:用于装填试验土体的模型箱,模型箱为顶部敞开的长方体形箱体;模型箱的前侧壁上设有观察窗,用于观测黏土的运动情况;观察窗上覆盖有与其大小适配的玻璃板,玻璃板上设有用于对试验结果进行标定的标记点;模型箱的后侧壁上设有第一传感器导线孔、第二传感器导线孔;模型箱的左侧壁开设有真空管线接口;模型箱内设有用于固定塑料排水板的支架,塑料排水板由支架竖直固定于试验土体中;塑料排水板的顶端接入手型接头,手型接头的顶端接入横向连接管,横向连接管穿过真空管线接口与真空管线连接;

所述围压系统设置于模型箱中,模型箱两侧设置有滑板,滑板上下端与模型箱框架的配合处设置有滑轮,所述模型箱框架上对应位置设置有滑轨,所述滑板内侧覆盖并固定有弹性密封布,弹性密封布四周的边沿被压条压紧在模型箱侧壁上形成液密封,两侧的滑板分别在模型箱的两侧端形成膨胀控制腔,膨胀控制腔中设置有可折叠的风琴气囊,风琴气囊的两侧端面分别贴设固定在模型箱内侧壁和滑板的侧壁上,所述风琴气囊通过管道与外部的气泵和气囊气压控制装置连接;

所述试验和观测系统包括地下水模拟系统,地下水模拟系统包括设置于底部的蜂窝蓄水体,蜂窝蓄水体通过管道与竖向分布的透明储水桶连接,透明储水桶上带有高度刻度,所述蜂窝蓄水体上端覆盖有铁丝网,土体设置于铁丝网上方;所述模型箱内部具有底部框架板,下部的滑轨设置于底部框架板上,底部框架板以下形成安置槽,所述蜂窝蓄水体设置于安置槽内。

2. 根据权利要求1所述的可调围压的真空预压中土体变形特性的试验和观测系统,其特征是:

所述模型箱的顶端边缘向外设有长方形的第一密封框,第一密封框的上表面通过螺栓连接有第二密封框;试验土体的上方覆盖有土工布,土工布的上方覆盖有真空膜,真空膜的外边缘夹设于第一密封框与第二密封框之间,真空膜与第二密封框之间设有密封垫圈;

所述真空驱动系统包括:用于收集模型箱内排出的水与气的真空水汽分离箱、用于提供负压的真空射流泵、以及用于调节试验系统内真空荷载的真空压力控制装置;真空水汽分离箱的顶部设有第一接口、第二接口和第三接口,第一接口通过真空管线与模型箱连接,第二接口与真空压力控制装置连接,第三接口与真空射流泵连接;真空水汽分离箱的下部侧壁设有排水口,排水口外接排水管,排水管上设有排水阀;

所述监测系统包括:用于监测真空预压过程中土体内孔隙水压力值变化的孔隙水压力传感器、用于测量模型箱底部土体真空度的真空表测头、用于采集试验土体表面沉降数据的LVDT位移传感器、用于计算土体位移场的示踪粒子、用于实验过程中进行拍摄记录的高清相机;模型箱的顶端设有传感器固定支架,LVDT位移传感器固定于传感器固定支架上;观察窗的外侧设有相机支架,所述高清相机固定于相机支架上;第一传感器导线孔从外部插入孔隙水压力传感器,孔隙水压力传感器埋设在试验土体中;第二传感器导线孔从外部插入真空表测头,真空表测头埋设在试验土体中;高清相机有相机固定铝轨用于固定相机位置,在模型箱周边装有LED灯管用于增强照片亮度,方便后续计算。

3. 根据权利要求2所述的可调围压的真空预压中土体变形特性的试验和观测系统,其

特征是:所述观察窗的玻璃板采用有机航空玻璃制成。

4. 根据权利要求1所述的可调围压的真空预压中土体变形特性的试验和观测系统,其特征是:所述模型箱采用铝板制成,所述滑轨采用铝板制成,所述第一传感器导线孔交错排列,相隔距离靠近,所述第一传感器导线孔、第二传感器导线孔内均设有密封塞。

5. 一种采用权利要求2所述的可调围压的真空预压中土体变形特性的试验和观测系统的试验方法,其特征是:包括如下步骤:

步骤1、模型准备:

首先确定模型箱所需土样质量,并配置好试验土样;通过支架将塑料排水板固定于设定位置,并安装好真空管线、孔隙水压力传感器和真空表测头,将示踪粒子喷洒于观察窗内侧,将配置好的试验土样加入模型箱中,覆盖土工布和真空膜,并做好模型箱的密封工作;通过真空管线将土体真空固结系统中的模型箱与真空驱动系统进行连接,保证整个试验系统的密封性;

步骤2、系统调试

开启数据监测系统,对孔隙水压力传感器、LVDT位移传感器的数据进行设定和调节,开启真空压力控制装置,观察真空表和各传感器读数,进行调零,确保数据对应正确,在相机固定支架上安装高清相机,调整拍摄的视野,调整光圈和焦距,使得示踪粒子在视野内成像清晰;

步骤3、围压设定:

启动气泵和气压控制装置连接对风琴气囊进行冲压,直至达到设定的压力值,通过设定压力值实现土体围压的设定;

步骤4、真空预压抽排:

启动所述真空驱动系统进行真空预压抽排;

步骤5、试验图片分析:

在试验过程中,通过高清相机记录了在真空预压过程中拍摄视野内的土体以及示踪粒子颗粒的照片,经数据采集系统传输到电脑上进行处理;首先计算用于转换图像与空间坐标的标定点的控制点中心,其次确定分析区域,并将分析区域划分成多个网格,接着利用相关系数计算每帧图像中每个网格的像素坐标,利用相关系数对输出数据进行过滤分析,手动删除有误的输出数据,最后将像素坐标转化为空间坐标,得到土体的变形信息。

6. 根据权利要求5所述的采用可调围压的真空预压中土体变形特性的试验和观测系统的试验方法,其特征是:在步骤1、模型准备的同时,测量取样位置土体的围压。

可调围压的真空预压中土体变形特性的试验和观测系统及试验方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种可调围压的真空预压中土体变形特性的试验和观测系统。本发明还涉及一种采用上述可调围压的真空预压中土体变形特性的试验和观测系统的试验方法。

背景技术

[0002] 真空预压排水固结法是目前常用的软土地基处理方法。该方法被广泛应用于海涂围垦、机场、道路等各种工程的软土地基处理当中。然而,利用真空预压和预制排水板改善高含水吹填淤泥(流态的土壤)的案例仍然很少,其固结行为机理尚不明确。另外,在真空预压处理高含水率吹填淤泥的过程中,排水板周围的土体会形成致密的“土柱”,其强度高,渗透性低,阻碍了真空预压的进行。为了解决土柱淤堵这一问题,许多学者基于特定假设对淤堵形成的原因进行了理论分析,也有学者通过研究不同类型的排水板用于解决淤堵问题。但是现阶段,对于真空预压中土柱形成的准确原因,仍然缺乏直接的观察。为了对土柱的形成机理及土体的变形规律进行进一步的研究,对土柱的形成进行直观的可视化研究是十分必要的。针对此问题,申请人曾于2020年3月17日申请一项名称为“真空预压过程中观测土颗粒运动的试验系统及试验方法”、公告号为“CN111537415A”的发明专利,但该“真空预压过程中观测土颗粒运动的试验系统及试验方法”

[0003] 在地下环境中的围压和地下水,导致试验模型对真实状态的模拟不够精准,进而导致试验数据的精准度不够。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是提供一种可调围压的真空预压中土体变形特性的试验和观测系统,该系统能够更加精准地模拟真实土体状态以更加准确且可视化的展示真空预压中土柱的形成原因。

[0005] 为此,本发明提供的可调围压的真空预压中土体变形特性的试验和观测系统,包括土体真空固结系统、真空驱动系统、围压系统和监测系统;

[0006] 所述土体真空固结系统包括:用于装填试验土体的模型箱,模型箱为顶部敞开的长方形箱体;模型箱的前侧壁上设有观察窗,用于观测黏土的运动情况;观察窗上覆盖有与其大小适配的玻璃板,玻璃板上设有用于对试验结果进行标定的标记点;模型箱的后侧壁上设有第一传感器导线孔、第二传感器导线孔;模型箱的左侧壁开设有真空管线接口;模型箱内设有用于固定塑料排水板的支架,塑料排水板由支架竖直固定于试验土体中;塑料排水板的顶端接入手型接头,手型接头的顶端接入横向连接管,横向连接管穿过真空管线接口与真空管线连接;

[0007] 所述围压系统设置于模型箱中,模型箱两侧设置有滑板,滑板上下端与模型箱框架的配合处设置有滑轮,所述模型箱框架上对应位置设置有滑轨,所述滑板与内侧覆盖并固定有弹性密封布,弹性密封布四周的边沿被压条压紧在模型箱侧壁上形成液密封,两侧

的滑板分别在模型箱的两侧端形成膨胀控制腔,膨胀控制腔中设置有可折叠的风琴气囊,风琴气囊的两侧端面分别贴设固定在模型箱内侧壁和滑板的侧壁上,所述风琴气囊通过管道与外部的气泵和气囊气压控制装置连接;

[0008] 优选的,所述试验和观测系统包括地下水模拟系统,地下水模拟系统包括设置于底部的蜂窝蓄水体,蜂窝蓄水体通过管道与竖向分布的透明储水桶连接,透明储水桶上带有高度刻度,所述蜂窝蓄水体上端覆盖有铁丝网,土体设置于铁丝网上方。

[0009] 优选的,所述模型箱内部具有底部框架板,下部的滑轨设置于底部框架板上,底部框架板以下形成所述安置槽,所述蜂窝蓄水体设置于安置槽内。

[0010] 优选的,所述模型箱的顶端边缘向外设有长方形的第一密封框,第一密封框的上表面通过螺栓连接有第二密封框;试验土体的上方覆盖有土工布,土工布的上方覆盖有真空膜,真空膜的外边缘夹设于第一密封框与第二密封框之间,真空膜与第二密封框之间设有密封垫圈;

[0011] 所述真空驱动系统包括:用于收集模型箱内排出的水与气的真空水汽分离箱、用于提供负压的真空射流泵、以及用于调节试验系统内真空荷载的真空压力控制装置;真空水汽分离箱的顶部设有第一接口、第二接口和第三接口,第一接口通过真空管线与模型箱连接,第二接口与真空压力控制装置连接,第三接口与真空射流泵连接;真空水汽分离箱的下部侧壁设有排水口,排水口外接排水管,排水管上设有排水阀;

[0012] 所述监测系统包括:用于监测真空预压过程中土体内孔隙水压力值变化的孔隙水压力传感器、用于测量模型箱底部土体真空度的真空表测头、用于采集试验土体表面沉降数据的LVDT位移传感器、用于计算土体位移场的示踪粒子、用于实验过程中进行拍摄记录的高清相机;模型箱的顶端设有传感器固定支架,LVDT位移传感器固定于传感器固定支架上;观察窗的外侧设有相机支架,所述高清相机固定于相机支架上;第一传感器导线孔从外部插入孔隙水压力传感器,孔隙水压力传感器埋设在试验土体中;第二传感器导线孔从外部插入真空表测头,真空表测头埋设在试验土体中;高清相机有相机固定铝轨用于固定相机位置,在模型箱周边装有LED灯管用于增强照片亮度,方便后续计算。

[0013] 优选的,所述观察窗的玻璃板采用有机航空玻璃制成。

[0014] 优选的,所述模型箱采用铝板制成,所述导轨采用铝板制成,所述第一传感器导线孔交错排列,相隔距离靠近,所述第一传感器导线孔、第二传感器导线孔内均设有密封塞。

[0015] 本发明还提供一种采用上述可调围压的真空预压中土体变形特性的试验和观测系统的试验方法,包括如下步骤:

[0016] 步骤1、模型准备:

[0017] 首先确定模型箱所需土样质量,并配置好试验土样;通过支架将塑料排水板固定于设定位置,并安装好真空管线、孔隙水压力传感器和真空表测头,将示踪粒子喷洒于观察窗内侧,将配置好的试验土样加入模型箱中,覆盖土工布和真空膜,并做好模型箱的密封工作;通过真空管线将土体真空固结系统中的模型箱与真空驱动系统进行连接,保证整个试验系统的密封性;

[0018] 步骤2、系统调试

[0019] 开启数据监测系统,对孔隙水压力传感器、LVDT位移传感器的数据进行设定和调节,开启真空压力控制装置,观察真空表和各传感器读数,进行调零,确保数据对应正确。在

相机固定支架上安装高清相机,调整拍摄的视野,调整光圈和焦距,使得示踪粒子在视野内成像清晰;

[0020] 步骤3、围压设定:

[0021] 启动气泵和气压控制装置连接对风琴气囊进行冲压,直至达到设定的压力值,通过设定压力值实现土体围压的设定;

[0022] 步骤4、真空预压抽排:

[0023] 启动所述真空驱动系统进行真空预压抽排;

[0024] 步骤5、试验图片分析:

[0025] 在试验过程中,通过高清相机记录了在真空预压过程中拍摄视野内的土体以及示踪粒子颗粒的照片,经数据采集系统传输到电脑上进行处理;首先计算用于转换图像与空间坐标的标定点的控制点中心,其次确定分析区域,并将分析区域划分成多个网格,接着利用相关系数计算每帧图像中每个网格的像素坐标,利用相关系数对输出数据进行过滤分析,手动删除有误的输出数据,最后将像素坐标转化为空间坐标,得到土体的变形信息。

[0026] 优选的,在步骤1、模型准备的同时,测量取样位置土体的围压。

[0027] 本发明的技术效果:

[0028] (1) 本发明的试验图像测量方法精度高,可以测量指定区域范围内的土体运动信息,并且数据分辨率高,可进行较长时间持续测量。

[0029] (2) 本发明模型的试验布置与现场施工条件较为相似,能够较好地模拟现场土体的真空固结,并测量这个过程中土体运动,试验数据具有实际研究意义;

[0030] (3) 本发明模型孔隙水压力传感器布置紧密,可通过与PIV数据配合,获得土柱的实时信息。

[0031] (4) 本发明模型可固定高清相机摆放位置,减少由于相机不固定导致的后续计算误差。

[0032] (5) 本发明模型可保证试验过程中良好的密封性,通过与孔隙水压力传感器、位移计、真空表、PTV测量系统的配合,可以记录和测量真空预压过程中土颗粒运动信息、土体表面竖向位移、土体内孔隙水压力和真空度的变化,对试验过程进行实时监测,模拟真空预压的现场施工,以提出更好的工程实践方案。

[0033] (6) 通过气泵和气压控制装置连接对风琴气囊进行冲压,直至达到设定的压力值,通过设定压力值实现土体围压的设定,尤其是带有弹性密封布的滑板既能够确保防水密封性,营造特定的地下土体环境,又能够通过向风琴气囊充压实现围压的设定,并且风琴气囊两端面状贴在滑板和模型箱内侧壁可以更加精准有效的向滑板施压,进而对土体两侧施加压力,由于土体两侧受压后在力的传导下会实现围压的设定。

[0034] (7) 通过在土体下方设置蜂窝蓄水体可以模拟地下水渗透的环境,蜂窝蓄水体向土体渗透水分,而与蜂窝蓄水体连接的透明储水桶调节水头,进而调节水压。

附图说明

[0035] 图1为发明实施例1提供的可调围压的真空预压中土体变形特性的试验和观测系统的整体示意图。

[0036] 图2为图1中的模型箱的俯视示意图。

- [0037] 图3为图1中的模型箱的后视示意图。
- [0038] 图4为图1中的模型箱的侧视示意图。
- [0039] 图5为图1中的模型箱的单侧框架杆安装相机固定铝轨后的结构示意图。
- [0040] 图6为单侧框架杆安装相机固定铝轨的结构示意图。
- [0041] 图7为两侧的框架杆上各自安装相机固定铝轨后的结构示意图。
- [0042] 图8为图6中的模型箱的框架杆的结构示意图,框架杆带有led灯管。
- [0043] 图9为图1中的模型箱的结构剖视示意图。
- [0044] 图10为本发明实施例2提供的模型箱的结构剖视示意图。

具体实施方式

[0045] 下面结合附图和实施例,对本发明进一步详细说明。其中相同的零部件用相同的附图标记表示。需要说明的是,下面描述中使用的词语“前”、“后”、“左”、“右”、“上”和“下”指的是附图中的方向,词语“底面”和“顶面”、“内”和“外”分别指的是朝向或远离特定部件几何中心的方向。

[0046] 参照图1-9所示,本发明提供的可调围压的真空预压中土体变形特性的试验和观测系统,包括土体真空固结系统、真空驱动系统、围压系统和监测系统;

[0047] 所述土体真空固结系统包括:用于装填试验土体的模型箱1,模型箱1为顶部敞开的长方形箱体;模型箱1的前侧壁上设有观察窗2,用于观测黏土的运动情况;观察窗2上覆盖有与其大小适配的玻璃板3,玻璃板3上设有用于对试验结果进行标定的标记点4;模型箱1的后侧壁上设有第一传感器导线孔5、第二传感器导线孔6;模型箱1的左侧壁开设有真空管线接口7;模型箱1内设有用于固定塑料排水板8的支架9,塑料排水板8由支架9竖直固定于试验土体中;塑料排水板8的顶端接入手型接头10,手型接头10的顶端接入横向连接管11,横向连接管11穿过真空管线接口7与真空管线12连接;

[0048] 所述围压系统设置于模型箱1中,模型箱1两侧设置有滑板13,滑板13上下端与模型箱框架的配合处设置有滑轮14,所述模型箱框架上对应位置设置有滑轨15,所述滑板13与内侧覆盖并固定有弹性密封布16,弹性密封布16四周的边沿被压条压紧在模型箱1侧壁上形成液密封,两侧的滑板13分别在模型箱的两侧端分隔形成膨胀控制腔17,膨胀控制腔17中设置有可折叠的风琴气囊18,风琴气囊18的两侧端面分别贴设固定在模型箱1内侧壁和滑板13的侧壁上,所述风琴气囊18通过管道与外部的气泵和气囊气压控制装置连接,气压控制装置通常包含气泵和控制气压稳定机构。

[0049] 模型箱1的顶端边缘向外设有长方形的第一密封框20,第一密封框20的上表面通过螺栓连接有第二密封框21;试验土体的上方覆盖有土工布,土工布的上方覆盖有真空膜22,真空膜22的外边缘夹设于第一密封框20与第二密封框21之间,真空膜22与第二密封框21之间设有密封垫圈23;

[0050] 所述真空驱动系统包括:用于收集模型箱1内排出的水与气的真空水汽分离箱24、用于提供负压的真空射流泵25、以及用于调节试验系统内真空荷载的真空压力控制装置26;真空水汽分离箱24的顶部设有第一接口27、第二接口28和第三接口29,第一接口27通过真空管线与模型箱1连接,第二接口28与真空压力控制装置26连接,第三接口29与真空射流泵25连接;真空水汽分离箱24的下部侧壁设有排水口30,排水口30外接排水

管,排水管上设有排水阀31;

[0051] 所述监测系统包括:用于监测真空预压过程中土体内孔隙水压力值变化的孔隙水压力传感器32、用于测量模型箱1底部土体真空度的真空表测头、用于采集试验土体表面沉降数据的LVDT位移传感器34、用于计算土体位移场的示踪粒子、用于实验过程中进行拍摄记录的高清相机39;模型箱1的顶端设有传感器固定支架36, LVDT位移传感器34固定于传感器固定支架36上;观察窗2的外侧设有相机支架38,观察窗2的玻璃板3采用有机航空玻璃制成,高清相机39固定于相机支架上;第一传感器导线孔5从外部插入孔隙水压力传感器32,孔隙水压力传感器32埋设在试验土体中;第二传感器导线孔6从外部插入真空表测头,真空表测头埋设在试验土体中;高清相机39配有相机固定铝轨48用于固定相机位置,在模型箱1周边装有LED灯管42用于增强照片亮度,方便后续计算。模型箱1采用铝板制成,所述导轨采用铝板制成,所述第一传感器导线孔5交错排列,相隔距离靠近,所述第一传感器导线孔5、第二传感器导线孔6内均设有密封塞。

[0052] 参照图1-9所示,本发明提供一种采用上述可调围压的真空预压中土体变形特性的试验和观测系统的试验方法,包括如下步骤:

[0053] 步骤1、模型准备:

[0054] 首先确定模型箱1所需土样质量,并配置好试验土样;通过支架将塑料排水板8固定于设定位置,并安装好真空管线、孔隙水压力传感器32和真空表测头,将示踪粒子喷洒于观察窗2内侧,将配置好的试验土样加入模型箱1中,覆盖土工布和真空膜22,并做好模型箱1的密封工作;通过真空管线将土体真空固结系统中的模型箱1与真空驱动系统进行连接,保证整个试验系统的密封性;

[0055] 在步骤1、模型准备的同时,测量取样位置土体的围压。

[0056] 步骤2、系统调试

[0057] 开启数据监测系统,对孔隙水压力传感器32、LVDT位移传感器34的数据进行设定和调节,开启真空压力控制装置26,观察真空表和各传感器读数,进行调零,确保数据对应正确。在相机固定支架上安装高清相机39,调整拍摄的视野,调整光圈和焦距,使得示踪粒子在视野内成像清晰;

[0058] 步骤3、围压设定:

[0059] 启动气泵和气压控制装置连接对风琴气囊18进行冲压,直至达到设定的压力值,通过设定压力值实现土体围压的设定;

[0060] 步骤4、真空预压抽排:

[0061] 启动所述真空驱动系统进行真空预压抽排;

[0062] 步骤5、试验图片分析:

[0063] 在试验过程中,通过高清相机39记录了在真空预压过程中拍摄视野内的土体以及示踪粒子颗粒的照片,经数据采集系统传输到电脑上进行处理;首先计算用于转换图像与空间坐标的标定点的控制点中心,其次确定分析区域,并将分析区域划分成多个网格,接着利用相关系数计算每帧图像中每个网格的像素坐标,利用相关系数对输出数据进行过滤分析,手动删除有误的输出数据,最后将像素坐标转化为空间坐标,得到土体的变形信息。

[0064] 参照图10所示,本发明实施例2与实施例1基本相同其区别仅在于:所述试验和观测系统包括地下水模拟系统,地下水模拟系统包括设置于底部的蜂窝蓄水体43,蜂窝蓄水

体43通过管道与竖向分布的透明储水桶44连接,透明储水桶44上带有高度刻度,所述蜂窝蓄水体43上端覆盖有铁丝网45,土体设置于铁丝网45上方。所述模型箱1内部具有底部框架板46,下部的滑轨15设置于底部框架板46上,底部框架板46以下形成安置槽47,所述蜂窝蓄水体43设置于安置槽47内,蜂窝蓄水体47能够模拟地下水,而与蜂窝蓄水体43连接的透明储水桶44调节水头,进而调节水压,从而能够提升试验的精准度。

[0065] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,本发明的保护范围并不仅限于上述实施例,凡属于本发明思路下的技术方案均属于本发明的保护范围。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理前提下的若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

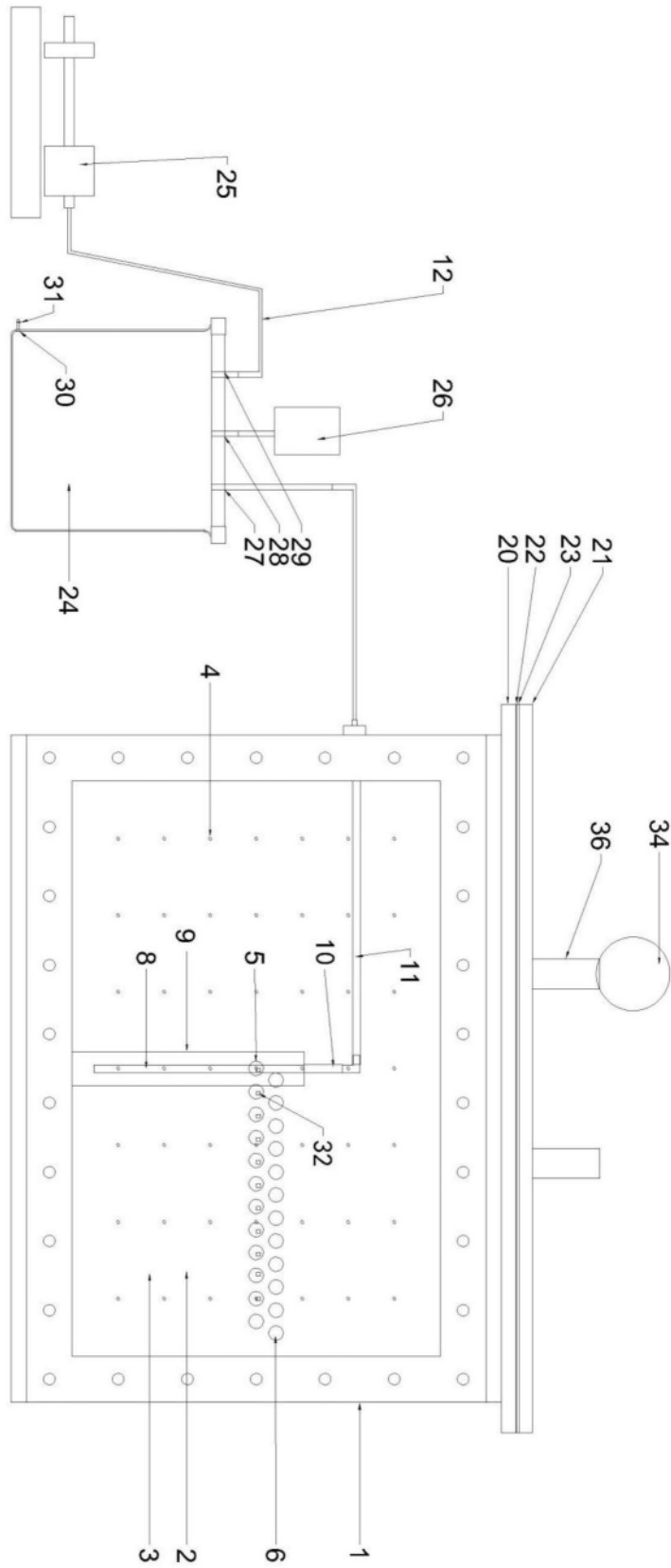


图1

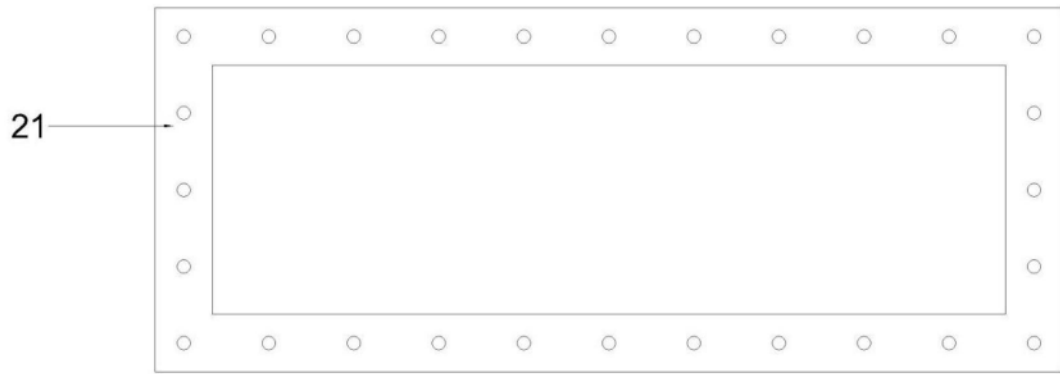


图2

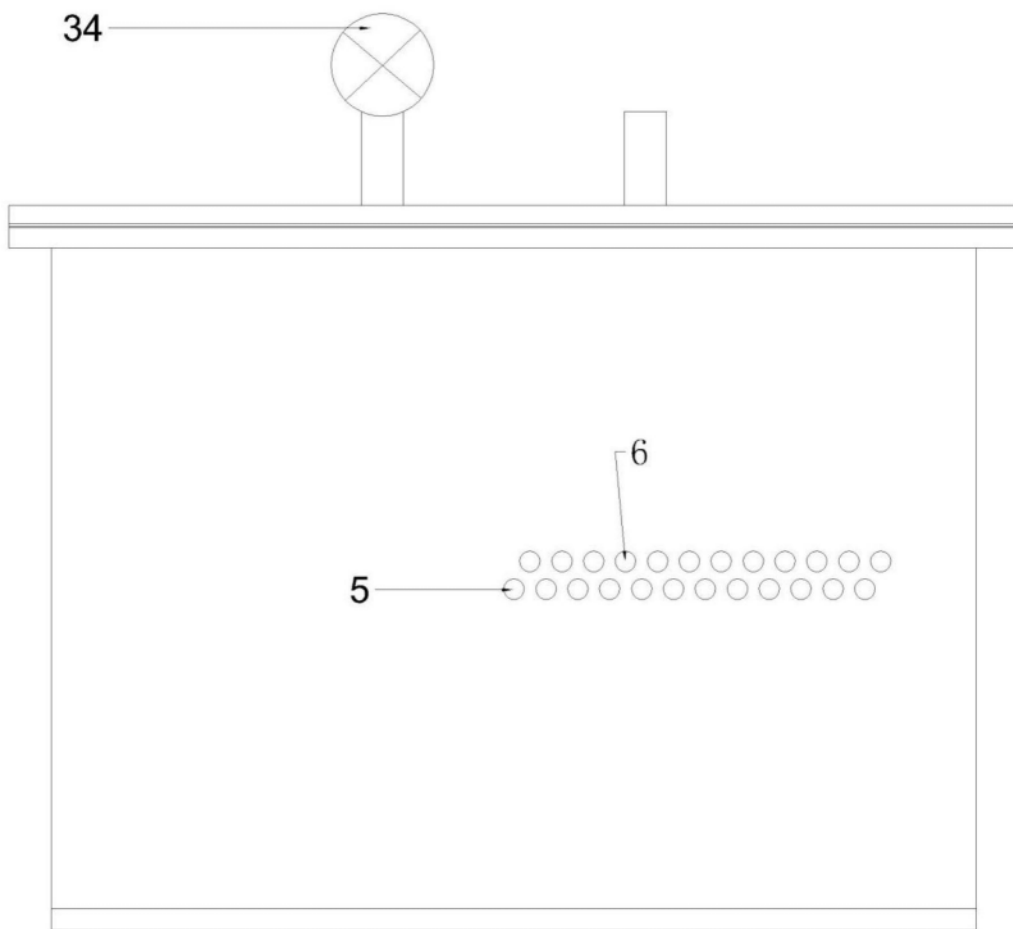


图3

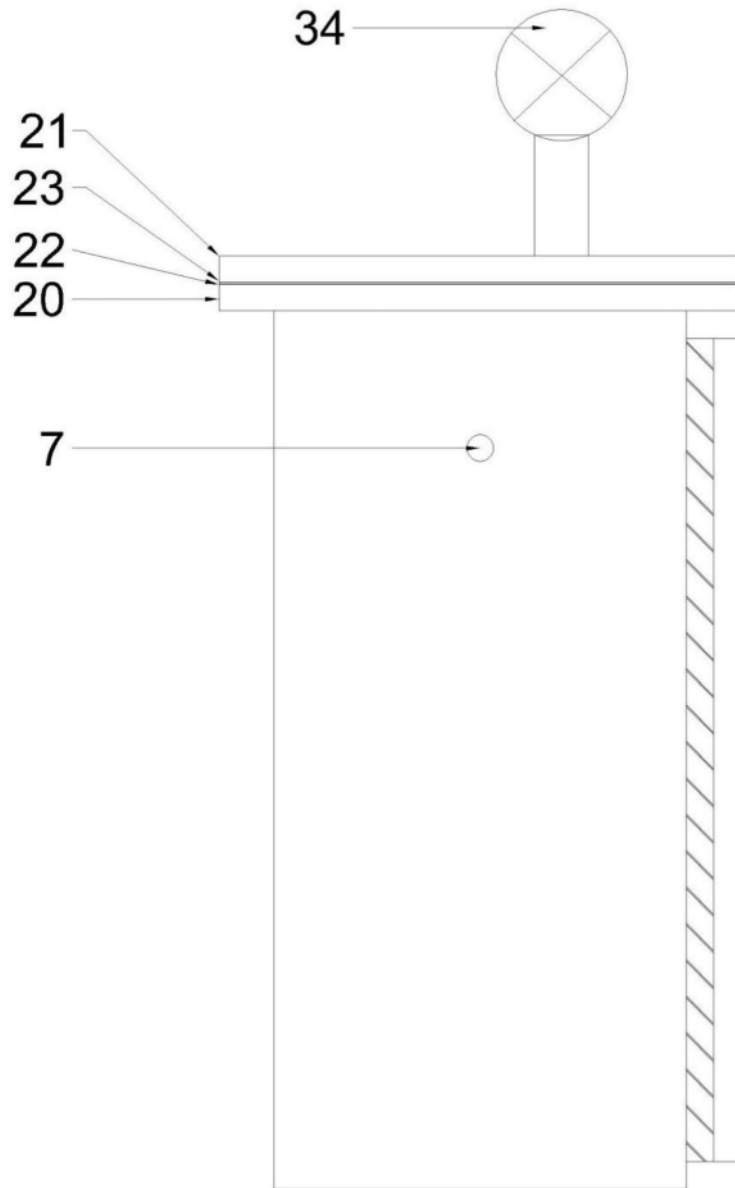


图4

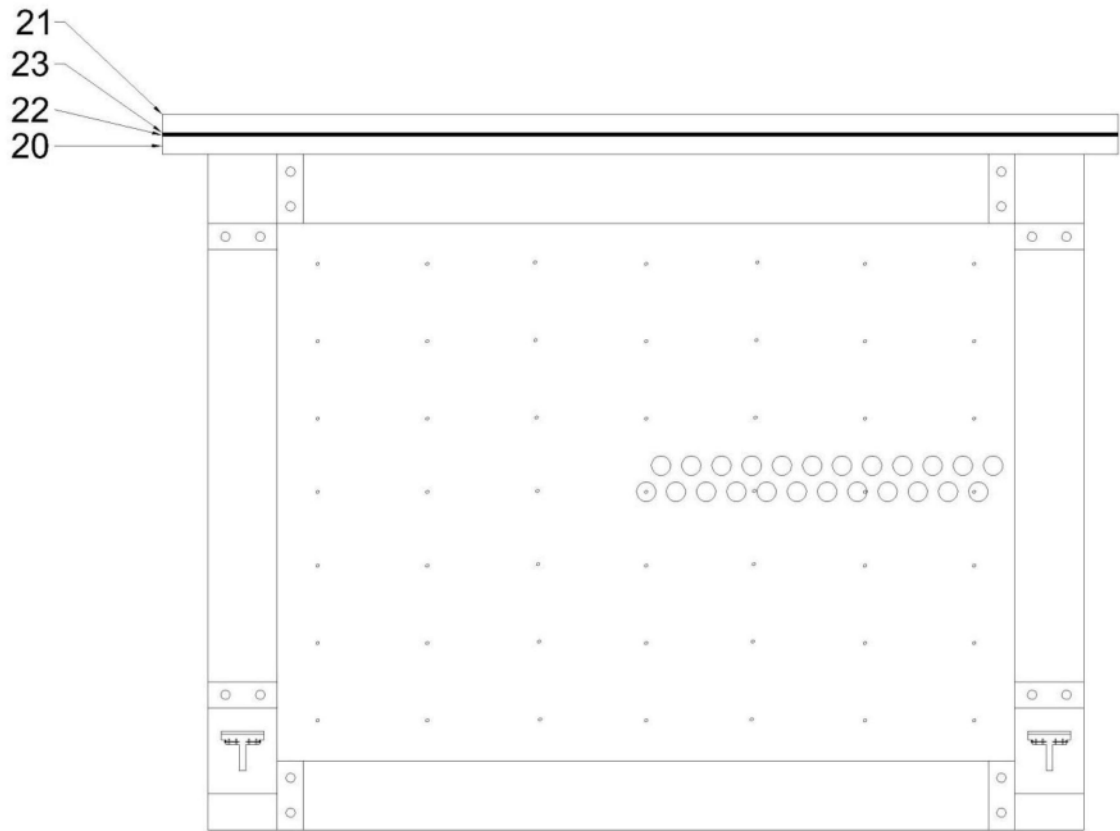


图5

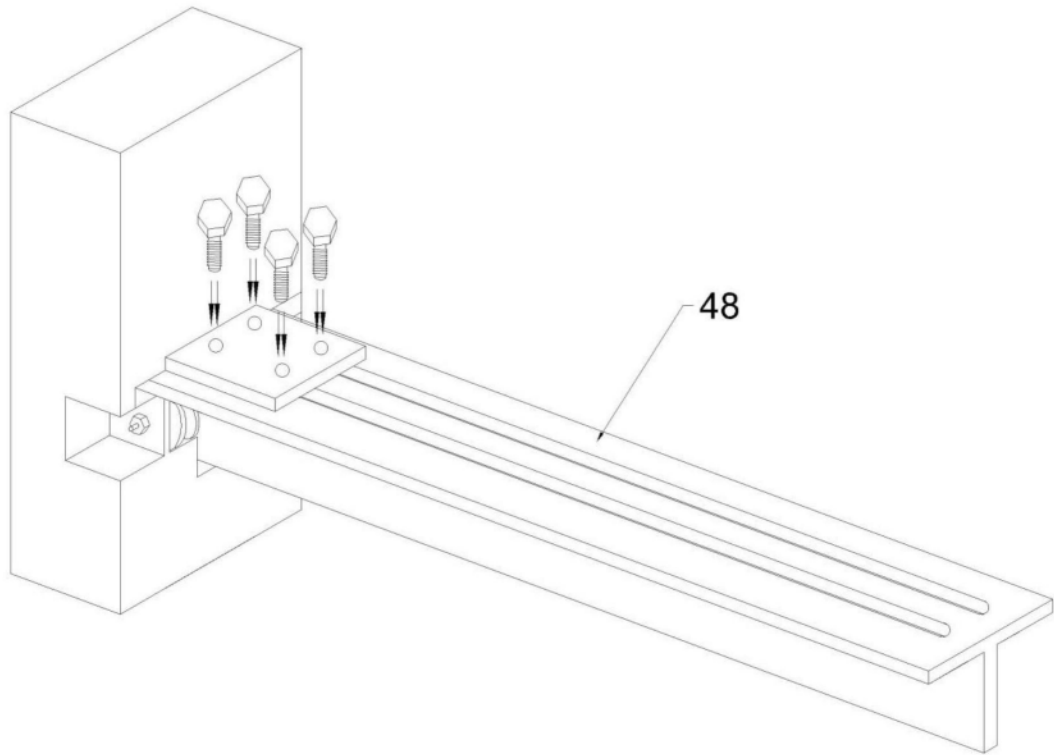


图6

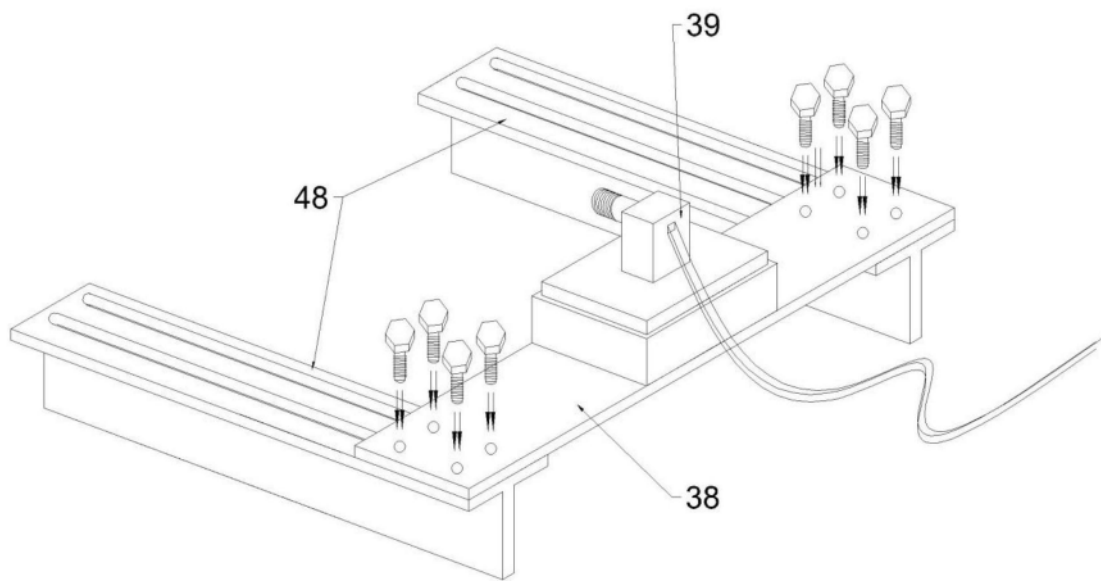


图7

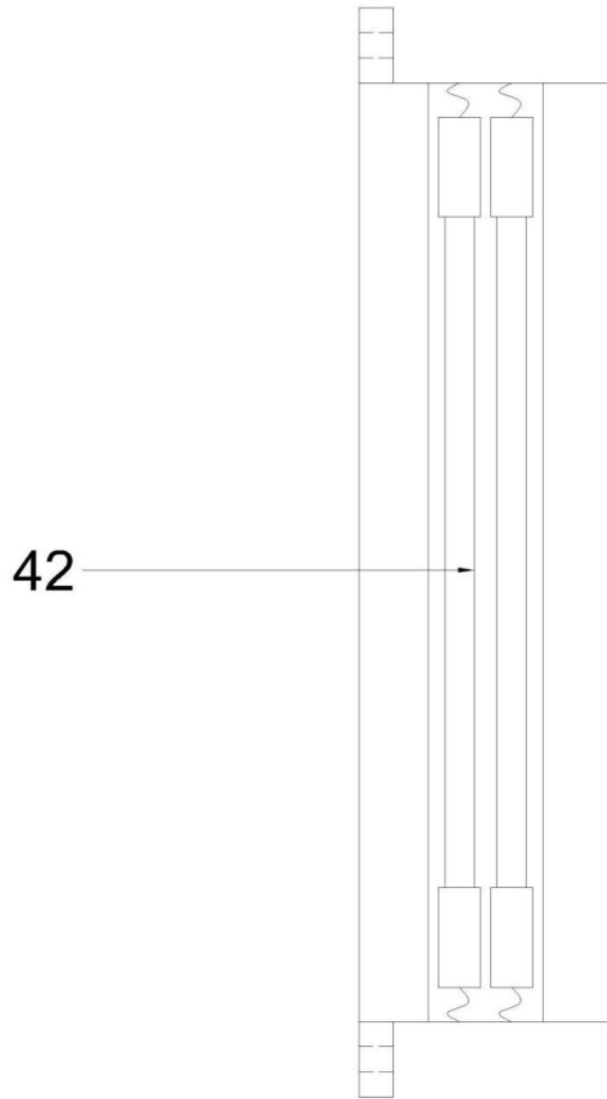


图8

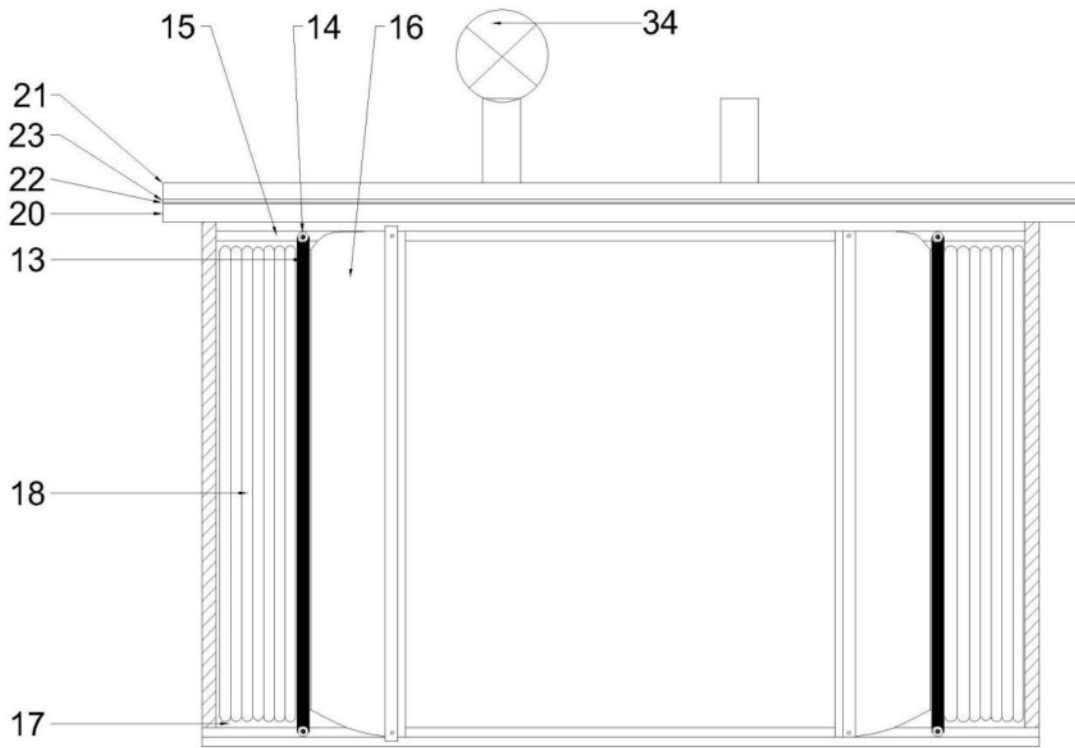


图9

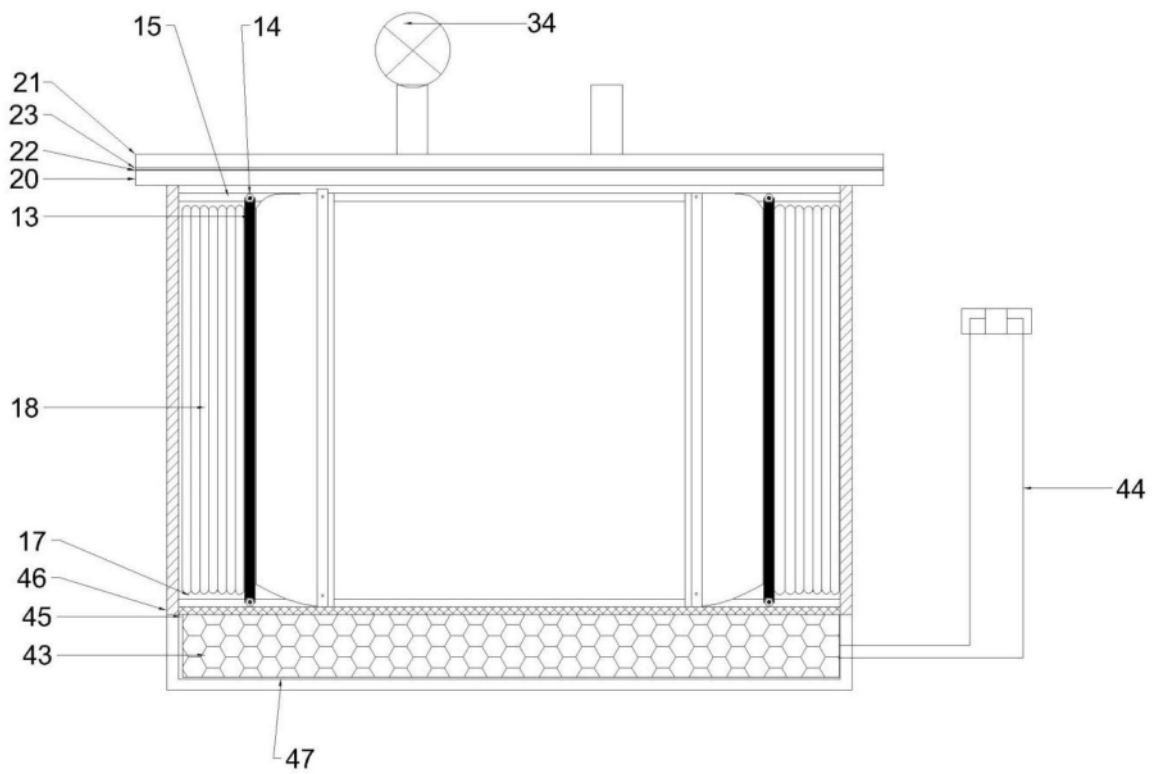


图10