(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105510069 A
(43)申请公布日 2016.04.20

(21)申请号 201510894802.6

(22)申请日 2015.12.04

(71)申请人 山东大学
地址 250061 山东省济南市历下区经十路17923号

(72)发明人 李术才 王汉鹏 张冰 李清川 张庆贺 王粟 朱海洋

(74)专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221
代理人 赵妍

(51)Int.Cl.
G01M 99/00(2011.01)

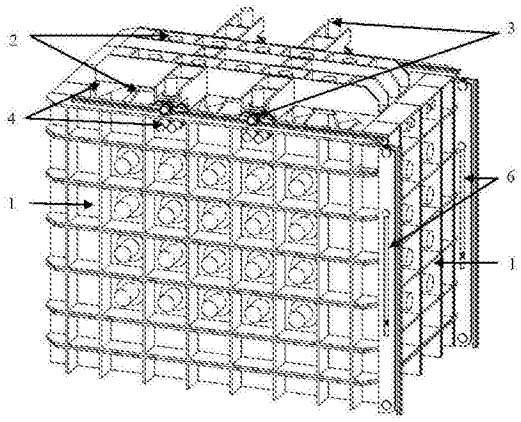
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统及试验方法

(57)摘要

本发明涉及一种自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统及试验方法，装置系统包括模型反力结构和液压加载系统；所述模型反力结构包括位于四周和上下六个面的反力墙，六个反力墙组成容纳试样的空间，每个墙面均与液压加载系统连接，在液压加载系统作用下，对试样施加真三轴载荷；其中顶部墙面可开启，便于试样的机械移出。顶梁自动化升降平移系统、可吊装底板配合，可方便实现模型的移出，为地质力学模型试验的发展提供了更安全、高效、智能的自动化试验装置。



CN 105510069 A

1.自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统，其特征在于：包括模型反力结构和液压加载系统；所述模型反力结构包括位于四周和上下六个面的反力墙，六个反力墙组成容纳试样的空间，每个墙面均与液压加载系统连接，在液压加载系统作用下，对试样施加真三轴载荷；其中顶部墙面可自动开启，便于试样的机械移出。

2.根据权利要求1所述的自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统，其特征在于：所述反力墙为格构式结构，每面所述反力墙由若干相互固定连接的反力梁构成，其中顶部反力梁设有顶梁自动化升降平移系统，所述顶梁自动化升降平移系统包括顶梁升降油缸、轨道、滚轮和电机。

3.根据权利要求2所述的自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统，其特征在于：所述顶梁升降油缸的一端与顶部反力梁固定连接，另一端通过连接部件与所述滚轮固定连接，所述轨道沿两个侧反力墙的顶部平行设置并朝向外侧延伸，所述滚轮在所述电机的驱动下，沿所述轨道滚动。

4.根据权利要求3所述的自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统，其特征在于：所述轨道的延伸部分为可折叠轨道架，所述可折叠轨道架包括横梁、立柱、斜撑；所述横梁的两端分别与侧反力梁的顶端和所述立柱的顶端铰接，所述斜撑的一端与所述横梁铰接，另一端与所述立柱的中部滑槽连接，所述斜撑在滑槽连接端设有限位部件-滑轴，斜撑该端的滑轴两端设置有固定螺栓，将其旋紧即可通过螺栓对设置于立柱上的滑槽的挤压实现滑轴与滑槽的相对固定。

5.根据权利要求2所述的自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统，其特征在于：在顶部反力梁的下方设有所述顶梁升降油缸，所述顶梁升降油缸的底座与侧反力墙的顶部固定连接；在两个所述侧反力墙的顶部，设有顶部高出所述顶部反力梁的滑动轨道，所述顶部反力梁上，设有配套工作的电车滑轮、与所述电车滑轮连接的电车发动机，和控制所述电车滑轮伸缩的滑轮移动油缸；当所述顶梁升降油缸顶升所述顶部反力梁至相应高度、且所述滑轮移动油缸外伸时，所述电车滑轮沿所述滑动轨道上表面滑动。

6.根据权利要求5所述的自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统，其特征在于：所述侧反力墙顶部的侧壁上，设有水平固定的顶梁锁定油缸，所述顶部反力梁的固定连接部件上，设有与所述顶梁锁定油缸配合工作的顶梁锁定孔。

7.根据权利要求1所述的自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统，其特征在于：所述液压加载系统包括液压油缸和推力板，所述液压油缸内嵌固定于各所述反力梁的矩形格中，所述液压油缸的端头固定连接所述推力板，加载时所述液压油缸推动与模型接触的所述推力板移动，从而实现对所述模型的各方向的加载。

8.根据权利要求1所述的自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统，其特征在于：各面所述反力墙由各反力梁装配而成，通过自由拼装，实现模型尺寸的改变。

9.根据权利要求1所述的自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统，其特征在于：所述可吊装底板包括底板、条形钢肋、吊环；所述底板上设有吊环，所述底板底部焊接有条形钢肋，其中钢肋可嵌于底部推力板预留缝隙中，以方便底部推力板作用于底板实现底部加载。

10.自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统的试验方法，其特征在于，包括以下步骤：

步骤1：装置设置为工作状态，驱动顶梁锁定油缸，将顶部反力梁解锁，驱动顶梁自动化升降平移系统，将所述顶部反力梁移出；

步骤2：将试验材料和相关传感器埋于模拟试验装置内并压实，驱动顶梁自动化升降平移系统，将所述顶部反力梁移回原位，并将顶部反力梁锁定；

步骤3：对模型进行加载、监测和采集试验数据；

步骤4：重复步骤1，完成所述顶部反力梁的解锁、上升和移出，通过吊索连接吊装部件将模型吊出；

步骤5：将顶部反力梁移回原位并锁定，试验完毕。

自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统及试验方法

技术领域

[0001] 本发明属于矿业工程、岩土工程科研技术领域，特别涉及一种自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统及试验方法。

背景技术

[0002] 地质力学模型试验是研究矿业工程、大型岩土工程问题，特别是地下工程问题的重要手段。地质力学模型试验能较好地模拟复杂工程的施工工艺、荷载的作用方式及时间效应等，能研究工程的受力全过程。因此用这种试验不仅可以研究工程的正常受力状态，还可以研究工程的极限荷载及破坏形态。同时，与数值计算结果相比，它所给出的结果形象、直观。由于地质力学模型试验技术具有上述独特的优越性，现已被国内外岩土工程界广泛重视和应用。

[0003] 其中模拟试验装置作为地质力学模型试验的重要组成部分，对于试验的效果起着举足轻重的作用。

[0004] 目前，针对地质力学模型试验，已开展了大量的研究工作，研制了一系列模拟试验装置，研究现状如下：

[0005] (1)申请号为201110038876.1的中国专利公开了一种超大型岩土工程三维模型试验系统，包括超大型模型试验装置、分别与大型模型试验装置相连的液压加载系统和应变位移测试系统，可完成十字交叉型隧洞的大型三维模型试验。但该装置无法实现模型整体移出，不能方便地进行模型解剖，不利于模型材料的充填堆砌及模型的试验后观察。

[0006] (2)申请号为201110038852.6的中国专利公开了一种大型组合式动静多功能岩土工程模拟试验装置，该装置由若干榀反力台架装置、前可视反力梁、后加载反力梁、拱形动态反力架、液压加载系统、伺服动态加载系统、模型升降平移托车系统等组成，可应用于基坑、边坡及高地应力条件下岩土工程的平面和三维地质力学静态和动态模型试验。但该装置仅为四面加载，不能实现真三轴六面加载；模型移出、模型材料的充填堆砌前均需进行反力梁的手动拆卸、拼装、固定，操作复杂。

[0007] (3)申请号为201110039078.0的中国专利公开了一种大型自由组合榀式高地应力地下工程模型试验装置，包括若干榀拼装式反力台架装置、液压加载系统、模型升降平移拖车系统，该装置整体强度、刚度高，稳定性好，升降和推送动作平稳，可保证模型在转移过程中的完整性。但该装置仅为三面加载，不能实现真三轴六面加载；模型升降平移拖车系统仅能将模型转移出入模型加载空间，模型材料的充填堆砌前仍需进行反力梁的手动拼装、固定，操作复杂。

[0008] (4)2009年4月由陈坤福发表的博士学位论文“深部巷道围岩破裂演化过程及其控制机理研究与应用”一文中第2章公开了一种大尺度三维开挖模拟试验台，试验台主要由台体、加载系统、开挖与支护系统、试验监控系统和数字照相量测系统五个部分组成，可应用于模拟深部巷道开挖和支护物理过程。但该装置的台体为浇筑而成，无法实现台体的自由拼装组合，且该装置无法实现模型整体移出，不能方便地进行模型解剖，不利于模型材料的

充填堆砌及模型的试验后观察。

[0009] 综合分析上述单位的模型试验台架装置系统，还存在以下不足之处：

[0010] 1.加载完成后一般不能方便完整地将模型转移出模型架，可移出的尚需进行反力梁的手动拆装，操作比较繁琐，耗费大量人力。

[0011] 2.模型材料的充填堆砌前需进行反力梁的手动拆装，操作复杂。

[0012] 3.现有的模型试验装置系统不能实现顶梁的升降平移与锁定。

[0013] 4.手动移出模型材料时，模型材料容易受到外部扰动，影响试验结果的准确性。

[0014] 为了更方便、高效的进行地质力学模型试验，需要研制一种自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统，以便实现试验装置的高效组装及模型整体移出。

发明内容

[0015] 本发明的目的是为克服上述现有技术的不足，提供一种组装灵活方便、操作简单、观测方便，可实现顶梁自动化锁定、平移，方便模型材料的充填堆砌、模型吊出的物理模拟试验装置及试验方法，从而提高试验装置的智能化、自动化。

[0016] 为实现上述目的，本发明采用下述技术方案：

[0017] 自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统，包括模型反力结构和液压加载系统；所述模型反力结构包括位于四周和上下六个面的反力墙，六个反力墙组成容纳试样的空间，每个墙面均与液压加载系统连接，在液压加载系统作用下，对试样施加真三轴载荷；其中顶部墙面可自动开启，便于试样的机械移出。

[0018] 通过分别控制模型的各面反力墙上的液压加载控制系统，实现模型的真三轴加载。试验结束后，顶梁自动化升降平移系统、可吊装底板组合，可方便实现模型的移出。避免人工拆装模型架，在节省劳动力的同时，可以保证试验模型不受扰动，保持试验结束时的原始形态，可以更加准确的观测模型材料的破坏形式，获得更加准确的试验结果。

[0019] 所述反力墙为格构式结构，每面所述反力墙由若干相互固定连接的反力梁构成，其中顶部反力梁设有顶梁自动化升降平移系统，所述顶梁自动化升降平移系统包括顶梁升降油缸、轨道、滚轮和电机。

[0020] 所述顶梁升降油缸的一端与顶部反力梁固定连接，另一端通过连接部件与所述滚轮固定连接，所述轨道沿两个侧反力墙的顶部平行设置并朝向外侧延伸，所述滚轮在所述电机的驱动下，沿所述轨道滚动。

[0021] 通过顶梁升降油缸实现顶部反力梁的升降。当顶部反力梁处于提升状态时，通过滚轮带动顶梁升降油缸沿轨道移动，进而实现顶部反力梁的平移。

[0022] 所述轨道的延伸部分为可折叠轨道架，所述可折叠轨道架包括横梁、立柱、斜撑；所述横梁的两端分别与侧反力梁的顶端和所述立柱的顶端铰接，所述斜撑的一端与所述横梁铰接，另一端与所述立柱的中部滑槽连接，所述斜撑在滑槽连接端设有限位部件-滑轴，斜撑该端的滑轴两端设置有固定螺栓，将其旋紧即可通过螺栓对设置于立柱上的滑槽的挤压实现滑轴与滑槽的相对固定。

[0023] 设置成工作状态时，横梁绕侧反力梁顶端转轴连接，横梁旋转至水平；立柱绕横梁的另一端旋转，旋转过程中斜撑滑槽端沿滑槽滑动，立柱旋转至竖直位置后旋紧斜撑滑轴两端固定螺栓，固定其位置，以加固横梁与斜撑的连接，实现可折叠轨道的展开。试验完毕

后，可按上述逆操作将折叠轨道架收回。

[0024] 在顶部反力梁的下方设有所述顶梁升降油缸，所述顶梁升降油缸的底座与侧反力墙的顶部固定连接；在两个所述侧反力墙的顶部，设有顶部高出所述顶部反力梁的滑动轨道，所述顶部反力梁上，设有配套工作的电车滑轮、与所述电车滑轮连接的电车发动机，和控制所述电车滑轮伸缩的滑轮移动油缸；当所述顶梁升降油缸顶升所述顶部反力梁至相应高度、且所述滑轮移动油缸外伸时，所述电车滑轮沿所述滑动轨道上表面滑动。

[0025] 当所述电车滑轮到达所述滑动轨道上表面高度时停止上升，所述滑轮移动油缸使所述电车滑轮外伸到滑动轨道上表面，所述电车发动机使所述电车滑轮沿所述滑动轨道移动，实现所述顶部反力梁的自动移出。

[0026] 所述侧反力墙顶部的侧壁上，设有水平固定的顶梁锁定油缸，所述顶部反力梁的固定连接部件上，设有与所述顶梁锁定油缸配合工作的顶梁锁定孔。

[0027] 所述液压加载系统包括液压油缸和推力板，所述液压油缸内嵌固定于各所述反力梁的矩形格中，所述液压油缸的端头固定连接所述推力板，加载时所述液压油缸推动与模型接触的所述推力板移动，从而实现对所述模型的各方向的加载。

[0028] 各面所述反力墙由各反力梁装配而成，通过自由拼装，实现模型尺寸的改变。

[0029] 所述模型反力结构内设有用以承载模型材料的可吊装底板，包括底板、条形钢肋、吊环；所述底板上设有吊环，所述底板底部焊接有条形钢肋，其中钢肋嵌可于底部推力板预留缝隙中，以方便底部推力板作用于底板实现底部加载。

[0030] 所述底板的四角上设有吊环。

[0031] 自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统的试验方法，包括以下步骤：

[0032] 步骤1：装置设置为工作状态，驱动顶梁锁定油缸，将顶部反力梁解锁，驱动顶梁自动化升降平移系统，将所述顶部反力梁移出；

[0033] 步骤2：将试验材料和相关传感器埋于模拟试验装置内并压实，驱动顶梁自动化升降平移系统，将所述顶部反力梁移回原位，并将顶部反力梁锁定；

[0034] 步骤3：对模型进行加载、监测和采集试验数据；

[0035] 步骤4：重复步骤1，完成所述顶部反力梁的解锁、上升和移出，通过吊索连接吊装部件将模型吊出；

[0036] 步骤5：将顶部反力梁移回原位并锁定，试验完毕。

[0037] 本发明的有益效果是：

[0038] 1、本发明的顶梁自动化升降平移系统、可吊装底板组合，可方便实现模型的移出，便于试验后进行模型观察及进一步剖视研究和保留。

[0039] 2、本发明的顶梁自动化升降平移系统、自动锁定系统可实现顶梁的升降、平移、锁定的自动化，简洁高效，可方便的应用于模型材料充填堆砌、模型试验装置的组装，提高试验效率。

[0040] 3、本发明的可折叠轨道架可根据需求折叠或展开，有效节约实验空间。

附图说明

[0041] 图1是本发明一个整体结构示意图；

[0042] 图2是图1中可折叠轨道架展开、顶部反力梁移开、模型吊出效果图；

[0043] 图3是A型顶梁自动化升降平移系统、自动锁定系统的局部结构示意图；

[0044] 图4是B型顶梁自动化升降平移系统、自动锁定系统的局部结构示意图；

[0045] 图5是图1中前反力梁拆除后的内部结构示意图。

[0046] 其中，1模型加载反力装置系统，1-1底部反力梁，1-2左右反力梁，1-3前后反力梁，1-4顶部反力梁；2嵌入式液压加载系统，2-1嵌入式液压油缸，2-2推力板；3顶梁自动化升降平移系统，3-1顶梁升降油缸，3-2滚轮，3-3小型电机，3-4轨道，3-4'滑动轨道，3-5滑轮移动油缸，3-6电车滑轮；4自动锁定系统，4-1三角法兰，4-2锁定油缸；5可吊装底板，5-1底板，5-2条形钢肋，5-3吊环；6可折叠轨道架，6-1横梁，6-2立柱，6-3斜撑，6-4固定螺栓，6-5滑槽。

具体实施方式

[0047] 下面将结合附图对本发明进行详细说明。

[0048] 实施例1：

[0049] 如图1、图2所示：自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统包括模型加载反力装置系统1、嵌入式液压加载系统2、顶梁自动化升降平移系统3、自动锁定系统4、可吊装底板5，可折叠轨道架6；

[0050] 如图2、图5所示：自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统的模型加载反力装置系统1，由1-1底部反力梁、1-2左右反力梁、1-3前后反力梁、1-4顶部反力梁组成，各反力梁通过高强螺栓固定连接组成反力墙并与液压加载系统组成反力墙装配体。

[0051] 如图2所示：自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统的顶梁自动化升降平移系统3、可吊装底板5、可折叠轨道架6组合，可方便实现模型的移出，其实现方法为可折叠轨道架展开，通过顶梁自动化升降平移系统3完成顶部反力梁的自动化升降、平移，起重机通过吊索连接可吊装底板5，将模型吊出。

[0052] 如图2所示：自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统的可折叠轨道架6由横梁6-1、立柱6-2、斜撑6-3组成，可实现可折叠轨道架的折叠或展开，其实现方法为绕侧反力梁端的轴连接，横梁6-1旋转至水平，绕另一端轴连接，立柱6-2旋转至竖直，旋紧斜撑6-3的滑槽6-5端固定螺栓6-4，固定其位置，以加固横梁6-1与立柱6-2的连接，实现可折叠轨道6的展开。可折叠轨道架6可根据需求展开或折叠，有效节约试验空间。

[0053] 如图3、图5所示：自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统的嵌入式液压加载系统2由嵌入式液压油缸2-1和推力板2-2组成，其中所述的嵌入式液压油缸内嵌固定于各反力梁矩形格中，通过推力板2-2实现对模型力的加载。

[0054] 油缸均带有法兰盘由高强螺栓固定在模型反力结构上，加载时液压油缸2-1推动与模型接触的推力板2-2移动从而实现对模型的水平和竖向地应力加载。

[0055] 如图3所示的A型顶梁自动化升降平移系统3主要由顶梁升降油缸3-1、滚轮3-2、小型电机3-3、轨道3-4组成，可实现顶部反力梁的自动化升降、平移，其实现方法为固定在顶部反力梁的顶梁升降油缸3-1通过缸筒端连接的滚轮3-2作用于左右反力梁，以控制顶梁的升降，滚轮3-2、小型电机3-3均固定于油缸缸筒端连接件上，小型电机3-3驱动滚轮实现顶梁的平移。

[0056] 如图3所示的A型自动锁定系统4主要由三角法兰4-1、锁定油缸4-2组成，可实现顶部反力梁的自动化锁定、解锁，其实现方法为固定在左右反力梁的锁定油缸4-2推出的油缸

杆可插入固定于顶部反力梁的三角法兰4-1，实现顶梁的锁定。

[0057] 自动化真三轴智能装配物理模拟试验装置系统的试验方法，包括三个阶段，第一阶段为模型材料的制作填埋；第二阶段为模型加载、开挖测试；第三阶段为试验后模型移出。

[0058] 具体试验步骤如下：

[0059] 1)展开可折叠轨道架；

[0060] 2)驱动自动锁定系统的锁定油缸，将顶部反力梁解锁，通过顶梁升降油缸将顶部反力梁顶起，直至三角法兰高于前后反力梁；

[0061] 3)启动小型电机，驱动滚轮实现顶部反力梁的的移出；

[0062] 4)把试验材料和相关传感器埋于模型加载反力装置内并压实；

[0063] 5)先后启动小型电机、顶梁升降油缸、锁定油缸，完成顶部反力梁的移回、下降、锁定；

[0064] 6)对模型进行加载，监测和采集试验数据；

[0065] 7)试验结束，重复步骤2-3，完成顶部反力梁的解锁、上升、移出；

[0066] 8)起重机通过吊索连接可吊装底板，将模型吊出；

[0067] 9)重复步骤5，将顶部反力梁移回原位置，将可折叠轨道架折叠起来，试验完毕。

[0068] 实施例2：

[0069] 图4为B型顶梁自动化升降平移系统、自动锁定系统的局部结构示意图，包括锁定油缸4-2，顶梁升降油缸3-1，滑轮移动油缸3-5，小型电机3-3，电车滑轮3-6，滑动轨道3-4'，其中锁定油缸4-2与三角法兰4-1连接锁定，系统工作时锁定油缸4-2解锁，顶梁升降油缸3-1使顶梁自动化升降平移系统上升，待电车滑轮3-6高度与滑动轨道3-4'的上表面平齐时滑轮移动油缸3-5推动电车滑轮3-6向外伸出，顶梁升降油缸3-1下降，最终实现由小型电机3-3带动系统沿滑动轨道3-4'移动。

[0070] 如图5所示，可吊装底板5包括底板5-1、条形钢肋5-2、吊环5-3，底板5-1上设有吊环5-3，所述底板底部焊接有条形钢肋5-2，其中钢肋5-2可嵌于底部推力板2-2预留缝隙中，以方便底部推力板2-2作用于底板5-1实现底部加载。

[0071] 对所公开的实施例的上述说明，使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的，本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下，在其它实施例中实现，未予以详细说明的部分，为现有技术，在此不进行赘述。因此，本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例，而是要符合与本文所公开的原理和特点相一致的最宽的范围。

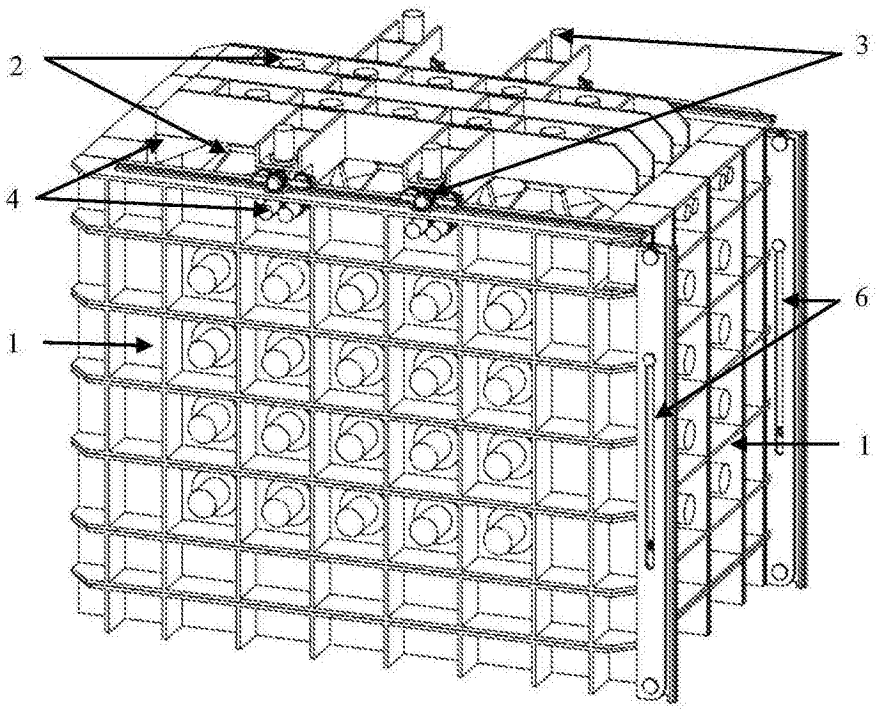


图1

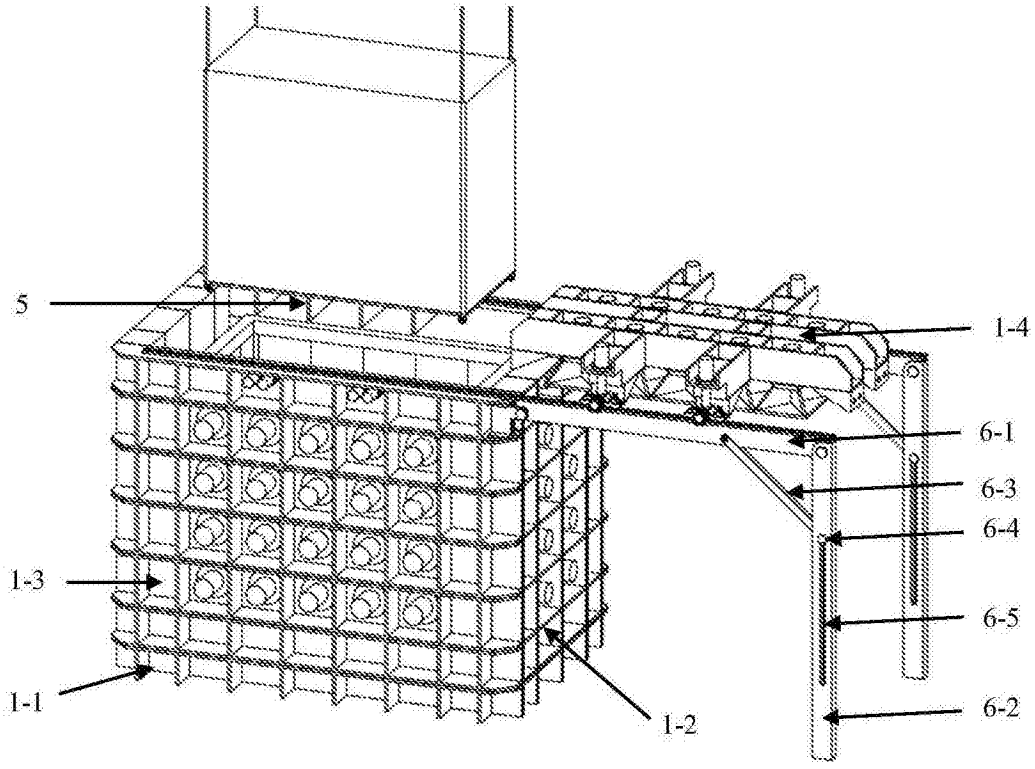


图2

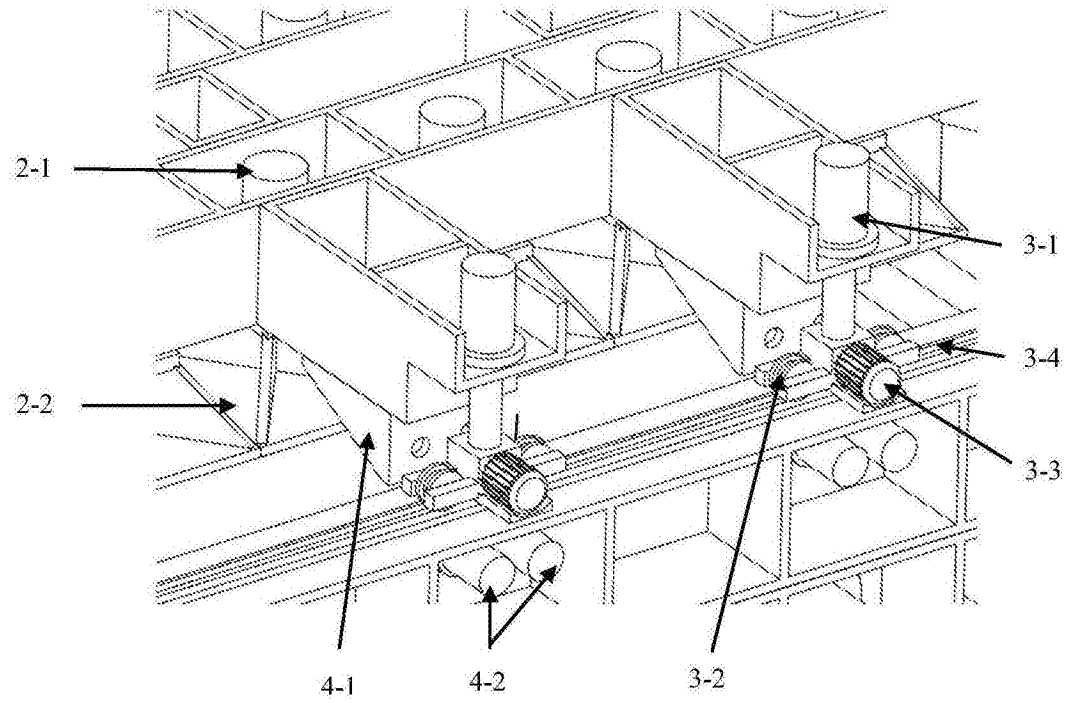


图3

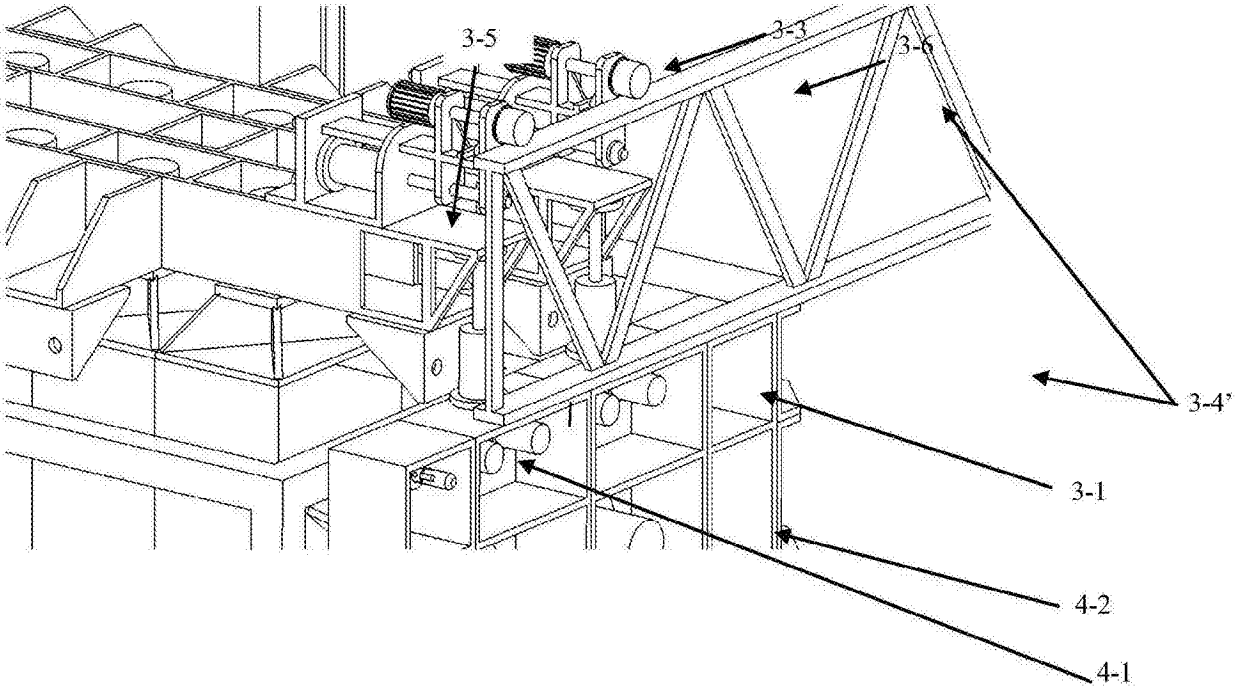


图4

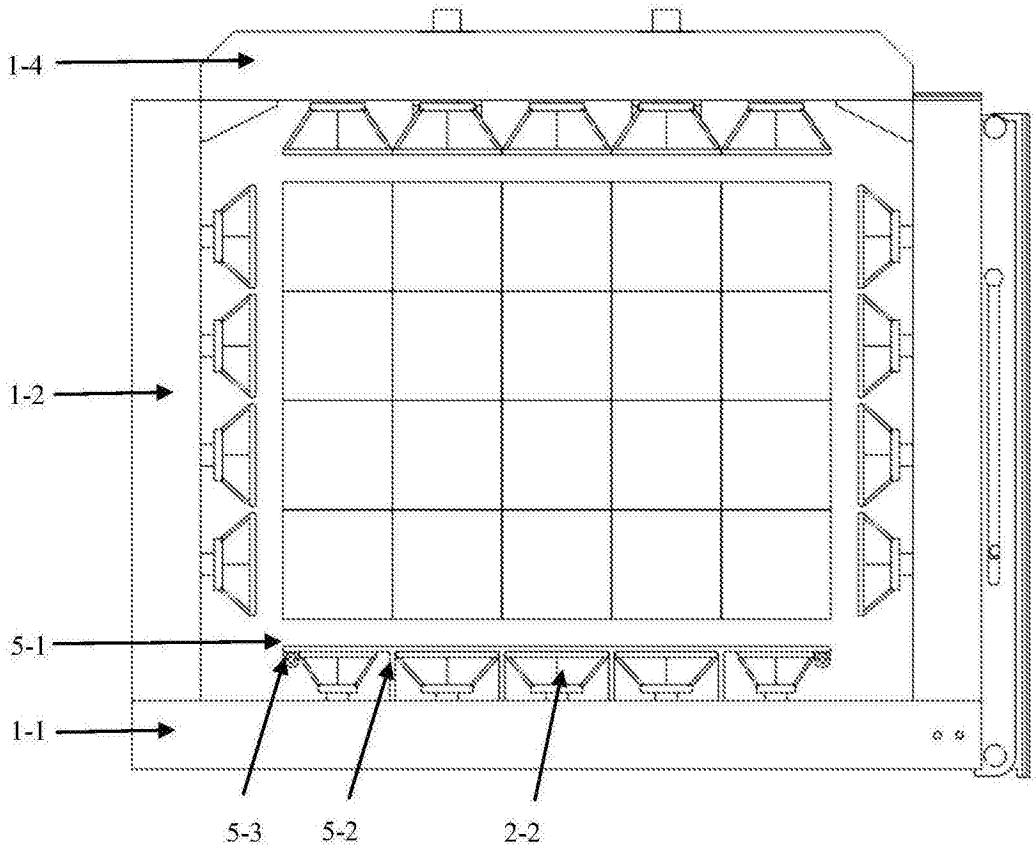


图5