



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107192622 B

(45)授权公告日 2019.09.10

(21)申请号 201710366226.7

(22)申请日 2017.05.22

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107192622 A

(43)申请公布日 2017.09.22

(73)专利权人 西南交通大学

地址 610000 四川省成都市金牛区二环路
北一段111号

(72)发明人 仇文革 段东亚 胡辉 李冰天

(74)专利代理机构 北京超凡志成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11371

代理人 梁斌

(51)Int.Cl.

G01N 3/24(2006.01)

(56)对比文件

CN 105136417 A,2015.12.09,

CN 103616287 A,2014.03.05,

CN 204128888 U,2015.01.28,

CN 103000068 A,2013.03.27,

CN 103969012 A,2014.08.06,

CN 104634647 A,2015.05.20,

CN 204988754 U,2016.01.20,

CN 104677742 A,2015.06.03,

孙海峰等.振动台多功能叠层剪切箱研制.

《岩石力学与工程学报》.2011,第30卷(第12期),

仇文革等.隧道地震响应模型试验箱体设计
与合理性验证.《现代隧道技术》.2016,第53卷
(第6期),

审查员 钟爱芝

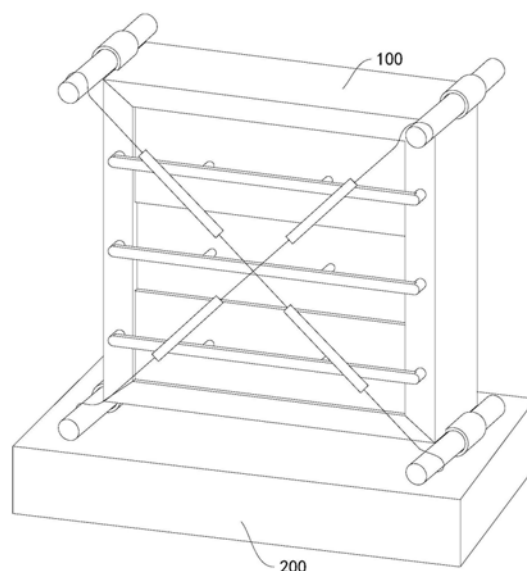
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

一种拟地下结构实验方法

(57)摘要

本发明提供了一种拟地下结构实验方法,属于隧道工程领域。该拟地下结构实验方法采用隧道模型实验装置,包括以下步骤:a.打开第一侧板,在隧道模型实验装置中置入地层模拟材料;b.在隧道模型实验装置中置入地下结构模型;c.在隧道模型实验装置中置入地层模拟材料,使所地层模拟材料覆盖地下结构模型;d.向隧道模型实验装置输入地震波,从而进行动力条件下的实验。还可将步骤d替换为步骤e(即对所述地层模拟材料施加压力),或在步骤d进行的同时进行步骤e,从而进行静力条件下或动-静耦合条件下的实验。



1. 一种拟地下结构实验方法,其特征在于,采用隧道模型实验装置,所述隧道模型实验装置包括侧板组件、阻尼组件和端面板组件,所述侧板组件与所述端面板组件围成空腔;

所述侧板组件包括三个以上的侧板,多个所述侧板依次铰接并使所述侧板组件形成柱体结构;

多个所述侧板上相对设置的铰接点之间通过所述阻尼组件相连;

所述端面板组件包括第一端面板和第二端面板,所述第一端面板与所述第二端面板相对设置,所述第一端面板与所述侧板组件一端相连,所述第二端面板与所述侧板组件另一端相连;

所述侧板组件包括第一侧板和连接于第一侧板两端的第二侧板和第三侧板,所述第一侧板和所述第三侧板可拆卸地相连;

所述拟地下结构实验方法包括以下步骤:

a. 打开所述第一侧板,在所述空腔中置入地层模拟材料;

b. 在所述空腔中置入地下结构模型;

c. 在所述空腔中置入地层模拟材料,使所述地层模拟材料覆盖所述地下结构模型;

d. 向所述隧道模型实验装置输入地震波。

2. 根据权利要求1所述的拟地下结构实验方法,其特征在于,在进行所述d步骤的同时还包括以下步骤:

e. 对所述地层模拟材料施加压力。

3. 根据权利要求2所述的拟地下结构实验方法,其特征在于,在所述e步骤中,将加压袋置于所述空腔中,使所述加压袋膨胀。

4. 根据权利要求3所述的拟地下结构实验方法,其特征在于,所述加压袋为气囊或水囊。

5. 根据权利要求1所述的拟地下结构实验方法,其特征在于,多个所述侧板上相对设置的铰接点之间通过所述阻尼组件可拆卸地相连。

6. 根据权利要求5所述的拟地下结构实验方法,其特征在于,在所述d步骤之后还包括以下步骤:

f. 更换阻尼大小不同的所述阻尼组件,重复步骤a、b、c、d。

7. 根据权利要求1所述的拟地下结构实验方法,其特征在于,所述侧板组件还包括第四侧板,所述第一侧板和所述第四侧板相对设置,所述第二侧板和所述第三侧板相对设置,所述侧板组件上的各侧板依次铰接;

所述第一端面板包括第一叶片和第一连接件,所述第一连接件上包括叶片连接部和两个侧板连接部,所述叶片连接部与所述第一叶片固定相连,其中一个所述侧板连接部与所述第二侧板铰接,另一个所述侧板连接部与所述第三侧板铰接。

8. 根据权利要求7所述的拟地下结构实验方法,其特征在于,所述第一端面板还包括第二叶片、第三叶片、第二连接件和第三连接件,所述第一叶片与所述第二叶片部分重叠,所述第二叶片与所述第三叶片部分重叠;

所述第二连接件与所述第二叶片固定相连,所述第二连接件与所述第二侧板和所述第三侧板铰接;

所述第三连接件与所述第三叶片固定相连,所述第三连接件与所述第二侧板和所述第

三侧板铰接。

9. 根据权利要求1所述的拟地下结构实验方法, 其特征在于, 所述侧板包括侧板基体和两个侧板边翼, 两个所述侧板边翼分设于所述侧板基体两侧, 所述侧板边翼与所述侧板基体呈夹角地固定相连。

10. 一种拟地下结构实验方法, 其特征在于, 采用隧道模型实验装置, 所述隧道模型实验装置包括侧板组件、阻尼组件和端面板组件, 所述侧板组件与所述端面板组件围成空腔;

所述侧板组件包括三个以上的侧板, 多个所述侧板依次铰接并使所述侧板组件形成柱体结构;

多个所述侧板上相对设置的铰接点之间通过所述阻尼组件相连;

所述端面板组件包括第一端面板和第二端面板, 所述第一端面板与所述第二端面板相对设置, 所述第一端面板与所述侧板组件一端相连, 所述第二端面板与所述侧板组件另一端相连;

所述侧板组件包括第一侧板和连接于第一侧板两端的第二侧板和第三侧板, 所述第一侧板和所述第三侧板可拆卸地相连;

所述拟地下结构实验方法包括以下步骤:

- a. 打开所述第一侧板, 在所述空腔中置入地层模拟材料;
- b. 在所述空腔中置入地下结构模型;
- c. 在所述空腔中置入地层模拟材料, 使所述地层模拟材料覆盖所述地下结构模型;
- e. 对所述地层模拟材料施加压力。

一种拟地下结构实验方法

技术领域

[0001] 本发明涉及隧道工程领域,具体而言,涉及一种拟地下结构实验方法。

背景技术

[0002] 隧道是修建在地下或水下或者在山体中,铺设铁路或修筑公路供机动车辆通行的建筑物。根据其所在位置可分为山岭隧道、水下隧道和城市隧道三大类。随着工程设备和技术的发展,隧道已成为一种十分常见的建筑形式。隧道相关技术的发展离不开模拟实验。在模拟实验中,需要满足静力效应等效、动力效应等效、边界效应等效三个原则。

[0003] 现有的针对隧道模型的实验方法受限于现有的实验箱结构,使得实验方法的原理上存在缺陷,不能满足以上三个要求,导致实验结果与实际情况存在较大偏差。

发明内容

[0004] 本发明提供了一种拟地下结构实验方法,旨在解决现有技术隧道模型试验方法存在的上述问题。

[0005] 本发明是这样实现的:

[0006] 一种拟地下结构实验方法,采用隧道模型实验装置,隧道模型实验装置包括侧板组件、阻尼组件和端面板组件,侧板组件与端面板组件围成空腔;

[0007] 侧板组件包括三个以上的侧板,多个侧板依次铰接并使侧板组件形成柱体结构;

[0008] 多个侧板上相对设置的铰接点之间通过阻尼组件相连;

[0009] 侧板组件包括第一侧板和连接于第一侧板两端的第二侧板和第三侧板,第一侧板和第三侧板可拆卸地相连;

[0010] 拟地下结构实验方法包括以下步骤:

[0011] a. 打开第一侧板,在空腔中置入地层模拟材料;

[0012] b. 在空腔中置入地下结构模型;

[0013] c. 在空腔中置入地层模拟材料,使地层模拟材料覆盖地下结构模型;

[0014] d. 向隧道模型实验装置输入地震波。

[0015] 在本发明的较佳的实施例中,在d步骤之前还包括以下步骤:

[0016] e. 对地层模拟材料施加压力。

[0017] 在本发明的较佳的实施例中,在e步骤中,将加压袋置于所述空腔中,使加压袋膨胀。

[0018] 在本发明的较佳的实施例中,加压袋为气囊或水囊。

[0019] 在本发明的较佳的实施例中,多个侧板上相对设置的铰接点之间通过阻尼组件可拆卸地相连。

[0020] 在本发明的较佳的实施例中,在d步骤之后还包括以下步骤:

[0021] f. 更换阻尼大小不同的阻尼组件,重复步骤a、b、c、d。

[0022] 在本发明的较佳的实施例中,侧板组件还包括第四侧板,第一侧板和第四侧板相

对设置,第二侧板和第三侧板相对设置,侧板组件上的各侧板依次铰接;

[0023] 第一端面板包括第一叶片和第一连接件,第一连接件上包括叶片连接部和两个侧板连接部,叶片连接部与第一叶片固定相连,其中一个侧板连接部与第二侧板铰接,另一个侧板连接部与第三侧板铰接。

[0024] 在本发明的较佳的实施例中,第一端面板还包括第二叶片、第三叶片、第二连接件和第三连接件,第一叶片与第二叶片部分重叠,第二叶片与第三叶片部分重叠;

[0025] 第二连接件与第二叶片固定相连,第二连接件与第二侧板和第三侧板铰接;

[0026] 第三连接件与第三叶片固定相连,第三连接件与第二侧板和第三侧板铰接。

[0027] 在本发明的较佳的实施例中,侧板包括侧板基体和两个侧板边翼,两个侧板边翼分设于侧板基体两侧,侧板边翼与侧板基体呈夹角地固定相连。

[0028] 一种拟地下结构实验方法,采用隧道模型实验装置,隧道模型实验装置包括侧板组件、阻尼组件和端面板组件,侧板组件与端面板组件围成空腔;

[0029] 侧板组件包括三个以上的侧板,多个侧板依次铰接并使侧板组件形成柱体结构;

[0030] 多个侧板上相对设置的铰接点之间通过阻尼组件相连;

[0031] 侧板组件包括第一侧板和连接于第一侧板两端的第二侧板和第三侧板,第一侧板和第三侧板可拆卸地相连;

[0032] 拟地下结构实验方法包括以下步骤:

[0033] a.打开第一侧板,在空腔中置入地层模拟材料;

[0034] b.在空腔中置入地下结构模型;

[0035] c.在空腔中置入地层模拟材料,使地层模拟材料覆盖地下结构模型;

[0036] e.对地层模拟材料施加压力。

[0037] 本发明的有益效果是:本发明通过上述设计得到的拟地下结构实验方法,使用时,隧道模型实验装置为相对封闭的箱体结构,侧板组件上的各侧板用来模拟土体边界,起到约束作用,从而满足静力效应等效的要求;侧板组件的各侧板之间铰接,可在不对土体产生附加载荷的条件下,使模拟土体产生剪切变形,从而满足动力效应等效和边界效应等效的要求。本发明通过上述隧道模型实验装置进行的拟地下结构实验方法,可得到更接近实际的实验效果。

附图说明

[0038] 为了更清楚地说明本发明实施方式的技术方案,下面将对实施方式中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本发明的某些实施例,因此不应被看作是对范围的限定,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相关的附图。

[0039] 图1是本发明实施方式提供的隧道模型实验装置的结构示意图;

[0040] 图2是本发明实施方式提供的隧道模型实验装置在剪切状态下的结构示意图;

[0041] 图3是本发明实施方式提供的第一侧板的结构示意图;

[0042] 图4是本发明实施方式提供的第一端面板的结构示意图;

[0043] 图5是本发明实施方式提供的第一端面板在剪切状态下的结构示意图;

[0044] 图6是本发明实施方式提供的第一连接件的结构示意图;

[0045] 图7是本发明实施方式提供的通过振动台向隧道模型实验装置输入地震波的结构示意图。

[0046] 图标:100-隧道模型实验装置;110-侧板组件;130-端面板组件;150-阻尼组件;111-第一侧板;112-第二侧板;113-第三侧板;114-第四侧板;131-第一端面板;133-第一连接件;134-第二连接件;135-第三连接件;1112-侧板基体;1114-第一侧板边翼;1116-第二侧板边翼;1311-第一叶片;1312-第二叶片;1313-第三叶片;1314-连接座;1331-叶片连接部;1333-侧板连接部;1118-第一连接孔;1128-第二连接孔;1119-第一转轴;200-振动台。

具体实施方式

[0047] 为使本发明实施方式的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施方式中的附图,对本发明实施方式中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施方式是本发明一部分实施方式,而不是全部的实施方式。基于本发明中的实施方式,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施方式,都属于本发明保护的范围。因此,以下对在附图中提供的本发明的实施方式的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围,而是仅仅表示本发明的选定实施方式。基于本发明中的实施方式,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施方式,都属于本发明保护的范围。

[0048] 在本发明的描述中,需要理解的是,指示方位或位置关系的术语为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的设备或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0049] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0050] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征之上或之下可以包括第一和第二特征直接接触,也可以包括第一和第二特征不是直接接触而是通过它们之间的另外的特征接触。而且,第一特征在第二特征之上、上方和上面包括第一特征在第二特征正上方和斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征之下、下方和下面包括第一特征在第二特征正下方和斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0051] 实施例:

[0052] 本实施例提供了一种拟地下结构实验方法,该拟地下结构实验方法采用了隧道模型实验装置100。

[0053] 请参阅图1,这种隧道模型实验装置100包括侧板组件110、端面板组件130和阻尼组件150。侧板组件110和端面板组件130围成一空腔。

[0054] 侧板组件110包括第一侧板111、第二侧板112、第三侧板113和第四侧板114,第一侧板111、第二侧板112、第三侧板113和第四侧板114依次铰接并围成横截面为矩形的柱体。

[0055] 具体的,第一侧板111与第四侧板114相对设置,第二侧板112与第三侧板113相对设置。第一侧板111一端与第二侧板112相连,第一侧板111另一端与第三侧板113相连。

[0056] 第一侧板111上设有第一连接孔1118,第二侧板112上设有第二连接孔1128,第一转轴1119依次穿过第一连接孔1118和第二连接孔1128,从而实现第一侧板111与第二侧板112的转动相连。

[0057] 进一步的,第一侧板111与第三侧板113之间、第四侧板114与第三侧板113之间、第四侧板114与第二侧板112之间,均可采用与第一侧板111和第二侧板112相同的连接方式。

[0058] 请参阅图3,进一步的,第一侧板111包括侧板基体1112、第一侧板边翼1114和第二侧板边翼1116。第一侧板边翼1114和第二侧板边翼1116分设于侧板基体1112两端,第一侧板边翼1114与第二侧板边翼1116与侧板基体1112相连。具体的,第一侧板边翼1114和第二侧板边翼1116垂直于侧板基体1112。

[0059] 进一步的,第二侧板112、第三侧板113和第四侧板114均采用与第一侧板111相同的结构。请参阅图1及图2,各侧板上的侧板边翼可互不干扰地相对错动。

[0060] 端面板组件130包括第一端面板131和第二端面板(图中未示出)。第一端面板131与第二端面板相对设置。第一端面板131连接于侧板组件110一端,第二端面板连接于侧板组件110另一端。

[0061] 请参阅图1及图2,进一步的,第一侧板111、第二侧板112、第三侧板113和第四侧板114上的侧板边翼覆盖于第一端面板131和第二端面板上。

[0062] 请参阅图4及图5,进一步的,第一端面板131包括第一叶片1311、第二叶片1312和第三叶片1313。第一叶片1311通过第一连接件133与侧板组件110相连。该连接具体是这样实现的:

[0063] 请参阅图6,第一连接件133上设有两个叶片连接部1331和两个侧板连接部1333,两个叶片连接部1331和两个侧板连接部1333均布于杆状结构的第一连接件133基体上,两个侧板连接部1333分布于两个叶片连接部1331的两端。叶片连接部1331与第一叶片1311固定相连,两个侧板连接部1333分别与第二侧板112和第三侧板113铰接。

[0064] 第二叶片1312和第三叶片1313以同样的方式与侧板组件110相连。第二叶片1312位于第一叶片1311与第三叶片1313之间,且第一叶片1311与第二叶片1312部分重叠,第二叶片1312与第三叶片1313部分重叠。

[0065] 第二端面板与第一端面板131结构相同。

[0066] 进一步的,第一端面板131与第二端面板均采用透明材料制成,从而方便实验人员观察隧道模型实验装置100的内部情况。

[0067] 阻尼组件150包括两个阻尼器。两个阻尼器相互交叉地连接于侧板组件110上各侧板的铰接轴上。即:其中一个阻尼器一端连接于第一侧板111与第二侧板112的铰接轴上,另一端连接于第三侧板113与第四侧板114的铰接轴上;另一个阻尼器一端连接于第一侧板111与第三侧板113的铰接轴上,另一端连接于第三侧板113与第二侧板112间的铰接轴上。

[0068] 进一步的,阻尼器两端为钩状结构,钩状结构与侧板组件110上各侧板间的铰接轴配合,即实现阻尼器的连接。

[0069] 具体的,阻尼器为弹性件。

[0070] 需要说明的是:在本发明的其他的实施方式中,侧板组件110上的侧板个数不限于四个,凡能实现隧道模型实验装置100的剪切变形的侧板个数,均应包含在本发明的保护范围内;

[0071] 在本发明的其他实施方式中,第一端面板131上的叶片个数不限于三个,而是可以为任何正整数;

[0072] 在本发明实施例中,设置阻尼组件150的目的是,使阻尼组件150为隧道模型实验装置100提供阻尼,具体的,可以选用弹性阻尼、粘性阻尼、塑性阻尼、弹-黏-塑性组合性阻尼等形式的阻尼组件150,还可以将阻尼组件150设置为刚性索,当阻尼组件150设置为刚性索时,隧道模型实验装置100即为刚性箱;

[0073] 第一端面板131和第二端面板设置为透明材料的目的是,便于实验人员对隧道模型实验装置100内部情况进行观察,当然,在本发明的其他的实施方式中,第一端面板131和第二端面板还可以设置为不透明材料。

[0074] 这种采用隧道模型实验装置100的拟地下结构实验方法包括以下步骤:

[0075] a.打开第一侧板111,在空腔中置入地层模拟材料;

[0076] b.在空腔中置入地下结构模型;

[0077] c.在空腔中置入地层模拟材料,使地层模拟材料覆盖地下结构模型;

[0078] d.向隧道模型实验装置100输入地震波(请参阅图7)。

[0079] 以上为动力条件下的拟地下结构实验方法。由于隧道模型实验装置100上的各侧板间的连接方式为铰接,因此,在实验过程中,隧道模型实验装置100允许地层模拟材料随着隧道模型实验装置100的振动发生剪切变形,且这种变形过程与真实过程较为接近,不会存在“抽屉式”自由滑动的失真现象;另外,由于各侧板与端面板为刚性板,在实验过程中,不会由于侧板和端面板的刚性不足而导致无法为地层模拟材料提供足够的约束力,也可以避免由于板的变形而产生“拱效应”导致失真。

[0080] 进一步的,在步骤d的同时,该拟地下结构实验方法还可以包括以下步骤:

[0081] e.对地层模拟材料施加压力。

[0082] 对地层模拟材料施加压力可以模拟深埋或围压较大的隧道,从而扩大了拟地下结构实验方法的实验范围,还可以通过静力与动力的同时施加,实现动-静耦合条件下的拟地下结构实验方法。步骤e具体可以这样实现:

[0083] 在侧板组件110和端面板组件130围成的空腔中放入加压袋,待地层模拟材料和模拟地下结构被安置好后,在启动振动台200前,向加压袋内充气。由于各侧板和端面板均为刚性板,加压袋的压力将完全作用于地层模拟材料,从而使得地层模拟材料受到静压力,模拟深埋或围压较大的隧道的受力环境。

[0084] 具体的,加压袋为气囊或水囊。

[0085] 显然,若实验者需要利用隧道模型实验装置100进行静力条件下的拟地下结构实验,该实验过程包括如下步骤:

[0086] a.打开第一侧板111,在空腔中置入地层模拟材料;

[0087] b.在空腔中置入地下结构模型;

[0088] c.在空腔中置入地层模拟材料,使地层模拟材料覆盖地下结构模型;

[0089] e.对地层模拟材料施加压力。

[0090] 进一步的,在以上各步骤结束后,该拟地下结构实验方法还可以包括以下步骤:

[0091] f.更换阻尼大小不同的阻尼组件150,重复步骤a、b、c、d或重复步骤a、b、c、e。

[0092] 阻尼组件150的阻尼大小决定了地层模拟材料在变形过程中所受到的阻力的大

小。阻尼组件150与各铰接点之间可拆卸连接,使得在一次实验结束后,可以通过更换阻尼组件150实现不同阻尼下的拟地下结构实验方法。

[0093] 综上所述,本发明提供的拟地下结构实验方法可以同时满足动力条件下、静力条件下和动-静耦合条件下的实验要求,具有广泛的适用范围,可以避免现有的刚性实验箱、柔性实验箱和剪切实验的缺陷,从而得到较为准确的实验结果。

[0094] 以上仅为本发明的优选实施方式而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。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。

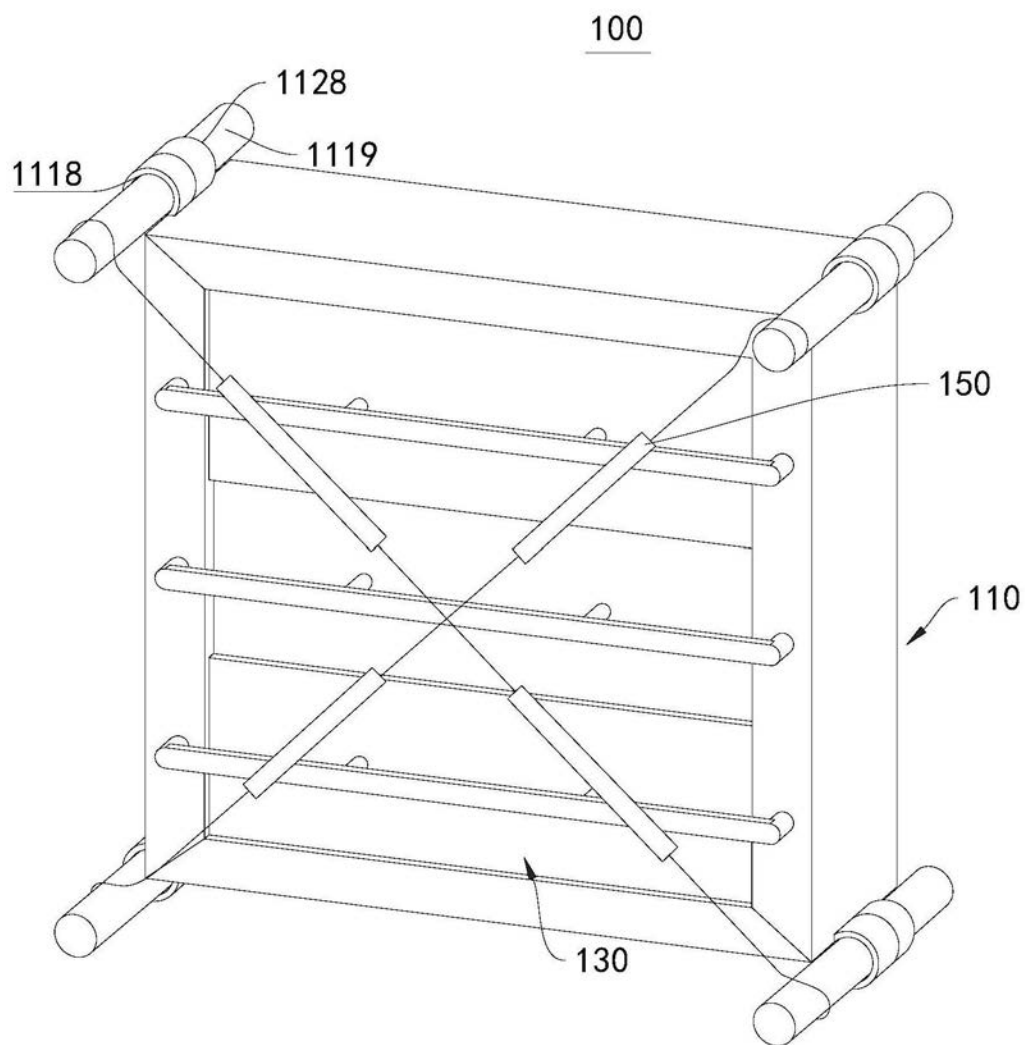


图1

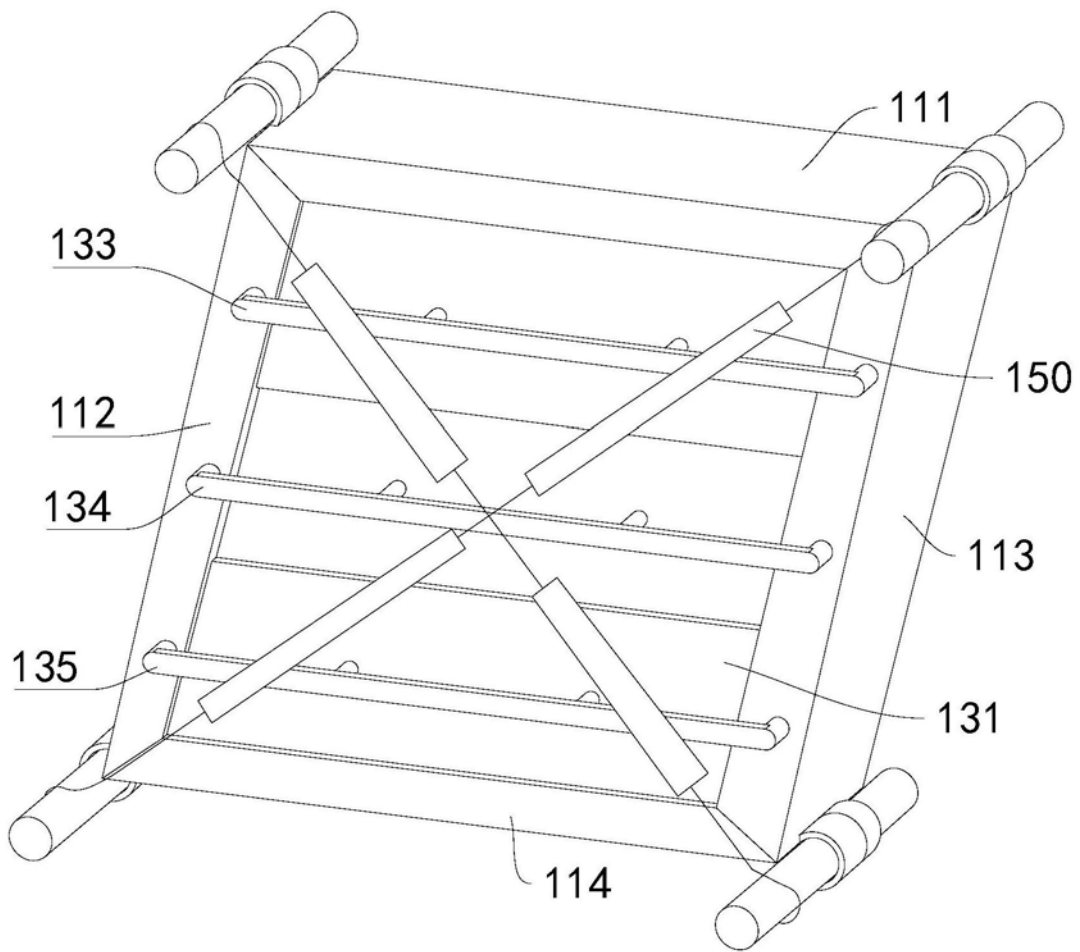
100

图2

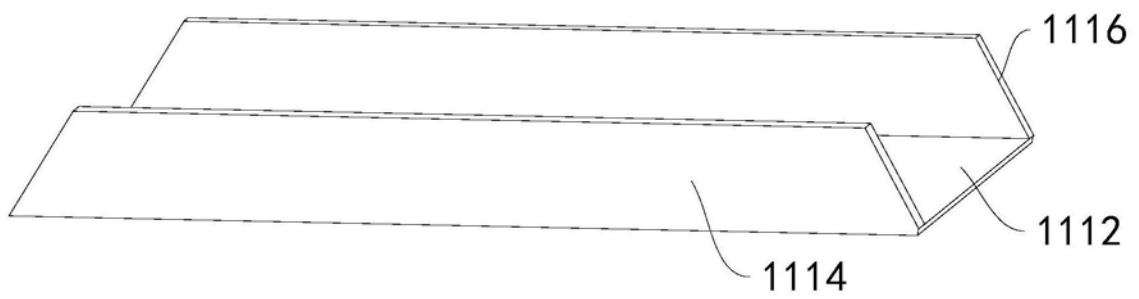
111

图3

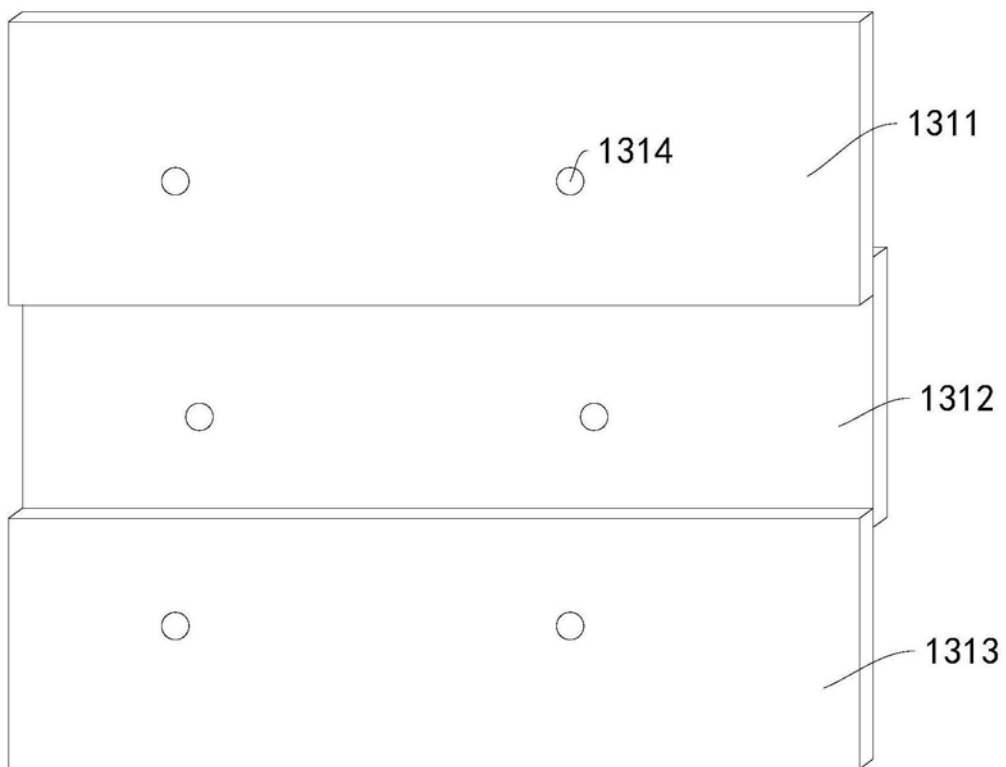
131

图4

131

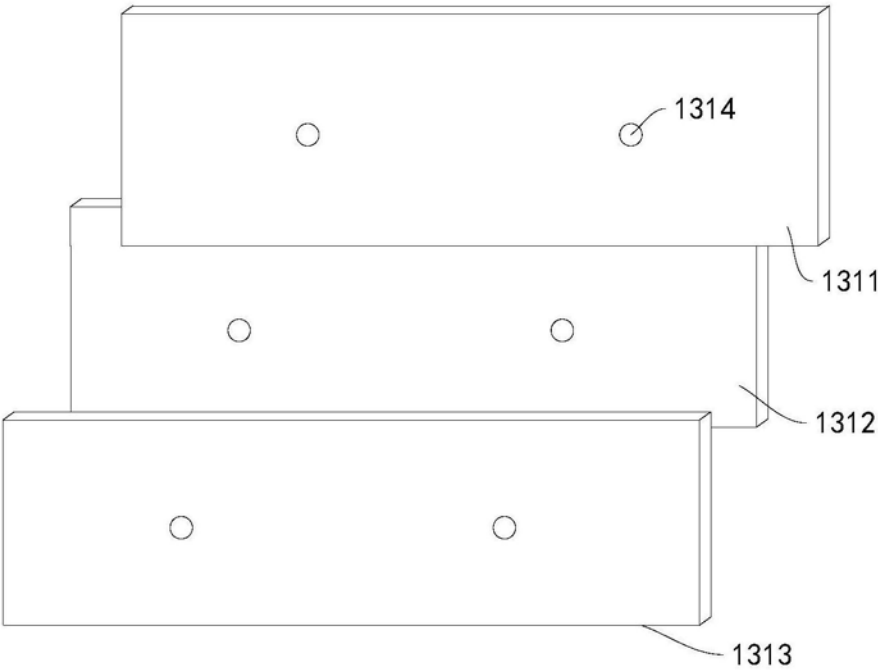


图5

133



图6

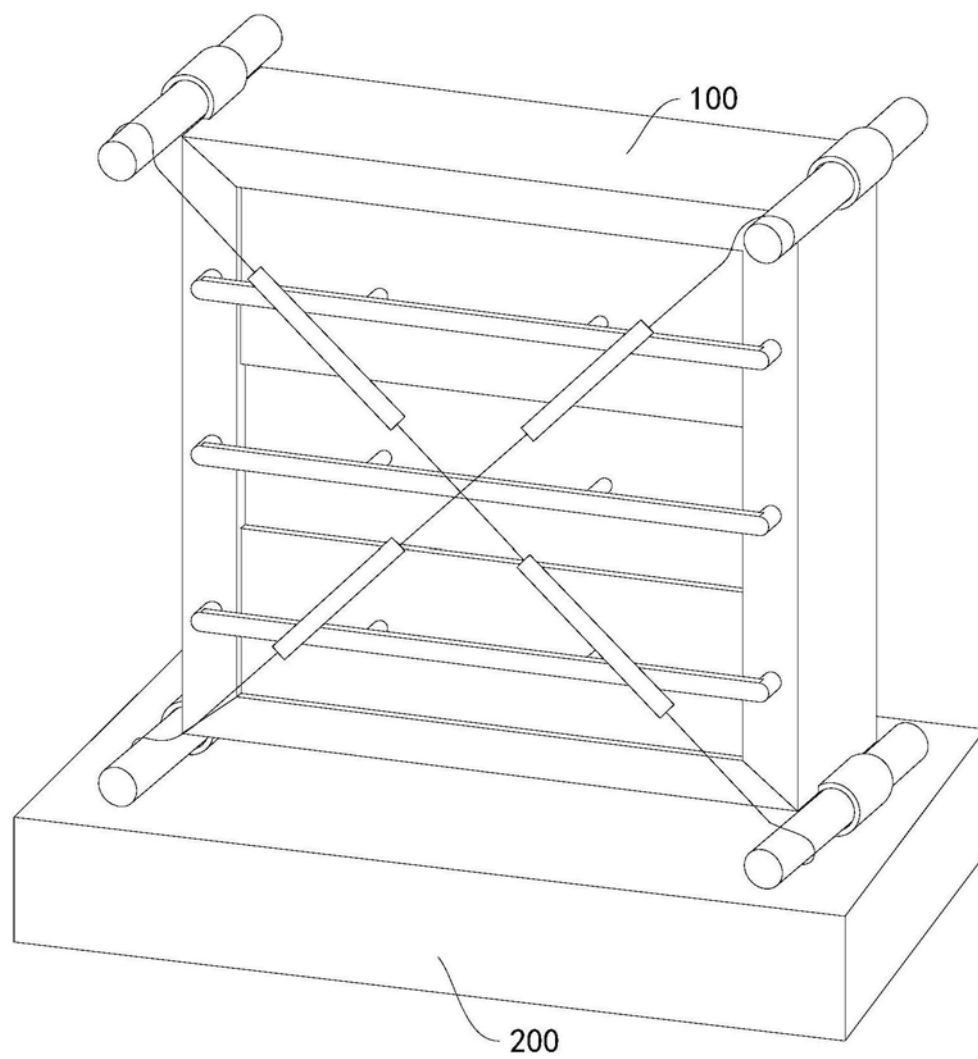


图7