



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116990489 A

(43) 申请公布日 2023. 11. 03

(21) 申请号 202311036712.4

B33Y 50/00 (2015.01)

(22) 申请日 2023.08.17

G01M 10/00 (2006.01)

G01D 21/02 (2006.01)

(71) 申请人 四川省公路规划勘察设计研究院有限公司

地址 610000 四川省成都市高新区天府五街200号4号楼B座7-10楼

申请人 香港科技大学

(72) 发明人 向波 张利民 何云勇 刘自强  
刘道川 杨柳

(74) 专利代理机构 北京盛联科创知识产权代理有限公司 11988

专利代理师 梁波

(51) Int. Cl.

G01N 33/24 (2006.01)

B29C 64/386 (2017.01)

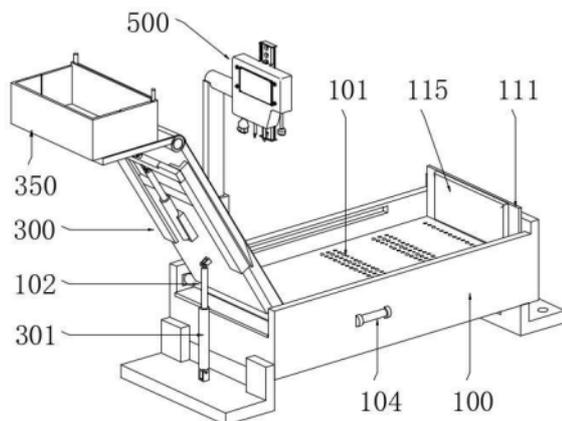
权利要求书2页 说明书9页 附图7页

## (54) 发明名称

高位滑坡失稳及运动模拟方法及装置

## (57) 摘要

本申请实施例提供一种高位滑坡失稳及运动模拟方法及装置,涉及地质灾害预警技术领域。该高位滑坡失稳及运动模拟方法,包括模拟地形起伏;将野外测绘得到的地形地貌数据输入到3D打印设备中;准备捕捉滑坡运动过程的三维数据;在滑坡上端放置滑体,并进行滑落测试,直至停止运动,形成滑坡堆积体;在滑坡底部安装压力传感器,获取滑坡运动过程中的压力数据。在室内进行大量的平行试验验证,不仅可以重复操作,而且降低了在野外进行滑坡灾害的调查与监测消耗的大量人力物力,并通过三维工程建模,获取大量精确的滑坡量化数据,探索野外斜坡破坏的诱发因素以及滑坡的致灾范围,大大缩短监测周期,结构简单,适用性强。



1. 一种高位滑坡失稳及运动模拟方法,其特征在于,包括

S1、组装调整滑坡,模拟地形起伏;将野外测绘得到的地形地貌数据输入到3D打印设备中,准备3D打印机所需的原材料进行分块打印;

S2、启动相应的设备,准备捕捉滑坡运动过程的三维数据;

S3、在滑坡上端放置滑体,进行滑体材料装样,并进行滑落测试,滑体材料脱离,沿滑坡运动下滑,直至停止运动,形成滑坡堆积体;

S4、在滑坡底部安装压力传感器,获取滑坡运动过程中的压力数据;

S5、对滑坡运动过程中压力传感器采集的压力数据和采集的滑体材料形态数据进行处理。

2. 根据权利要求1所述的一种高位滑坡失稳及运动模拟方法,其特征在于,在S1中进行试验准备的具体过程包括:

通过热熔胶或者磁铁,将分块的3D地形固定在滑坡的表面,水平放置的滑坡预留有传感器开孔;

将扫描仪固定在电动云台上;

将扫描仪通过数据线或蓝牙连接至笔记本电脑;

在笔记本电脑中打开Echo软件,并调节扫描仪的视图范围,使目标采集区域完全处于视图范围内;

调节扫描仪镜头方向,使扫描仪机身与滑坡运动方向平行。

3. 根据权利要求1所述的一种高位滑坡失稳及运动模拟方法,其特征在于,还包括选取坐标原点和参考平面;

将滑坡底板和滑坡运动斜面的交线的中点设置为坐标原点,设定垂直于交线且与滑体运动方向相同的方向为x轴正方向,设定与x正方向逆时针夹角为 $90^\circ$ 的方向为y轴正方向,设定沿滑坡底板法线方向向上的方向为z轴正方向,设定滑坡底板面为xoy面。

4. 一种高位滑坡失稳及运动模拟装置,其特征在于,包括

权利要求1-3任意一项所述的高位滑坡失稳及运动模拟方法;以及

滑坡体堆积盒(100),所述滑坡体堆积盒(100)上端敞口设置,所述滑坡体堆积盒(100)内设置有滑坡体堆积槽,所述滑坡体堆积槽下表面开设有传感器安装孔(101),所述传感器安装孔(101)内设置有压力传感器;

承载斜板(300),所述承载斜板(300)的下端与所述滑坡体堆积盒(100)的一端铰接,所述承载斜板(300)的背面与所述滑坡体堆积盒(100)之间连接有第一电推杆(301),所述滑坡体堆积槽和所述承载斜板(300)的表面均设置有用于模拟地形起伏的地形模拟板;

检测机构(500),所述检测机构(500)包括控制器(510)、三维扫描仪(530)以及激光网格器(550),所述控制器(510)设置在所述滑坡体堆积盒(100)的上方,所述三维扫描仪(530)与所述激光网格器(550)安装在所述控制器(510)下端。

5. 根据权利要求4所述的一种高位滑坡失稳及运动模拟装置,其特征在于,所述滑坡体堆积盒(100)的一端转动安装有旋转轴(102),所述承载斜板(300)的下端与所述旋转轴(102)固定连接,所述滑坡体堆积盒(100)的另一端开设有出料口(103),所述出料口(103)端口固定有导料板。

6. 根据权利要求4所述的一种高位滑坡失稳及运动模拟装置,其特征在于,所述滑坡体

堆积盒(100)内设置有可拆卸的清扫机构,所述清扫机构用于对所述滑坡体堆积槽内堆积的滑体进行清理,所述滑坡体堆积盒(100)开设出料口(103)的一端呈锥形漏斗状。

7.根据权利要求6所述的一种高位滑坡失稳及运动模拟装置,其特征在于,所述清扫机构包括

与所述滑坡体堆积盒(100)侧壁滑动连接的挡板(111);

设置在所述挡板(111)下端的刷毛(113),所述刷毛(113)下端与所述滑坡体堆积槽下表面抵触,所述刷毛(113)沿所述挡板(111)长度方向阵列设置有多个;

用于驱动所述挡板(111)沿所述滑坡体堆积盒(100)长度方向滑移的往复驱动机构。

8.根据权利要求7所述的一种高位滑坡失稳及运动模拟装置,其特征在于,所述挡板(111)表面固定有缓冲垫(115),所述挡板(111)下端通过转轴(117)铰接有转杆(119),所述刷毛(113)固定在所述转杆(119)表面,所述挡板(111)向所述缓冲垫(115)正对的方向移动时,所述转杆(119)绕所述转轴(117)旋转。

9.根据权利要求4所述的一种高位滑坡失稳及运动模拟装置,其特征在于,所述滑坡体堆积盒(100)侧壁安装有调节架(570),所述控制器(510)安装在所述调节架(570)上端,所述滑坡体堆积盒(100)外壁嵌装有水准仪(104),所述传感器安装孔(101)开设有多个。

10.根据权利要求9所述的一种高位滑坡失稳及运动模拟装置,其特征在于,所述调节架(570)包括

与所述滑坡体堆积盒(100)连接的滑套(571);

滑动插接在所述滑套(571)上端的滑杆(573),所述控制器(510)安装在所述滑杆(573)上端;

与所述滑套(571)外壁螺纹连接的锁紧旋钮(575),所述锁紧旋钮(575)的一端与所述滑杆(573)表面抵触,所述锁紧旋钮(575)设置在所述滑套(571)上端。

## 高位滑坡失稳及运动模拟方法及装置

### 技术领域

[0001] 本申请涉及地质灾害预警技术领域,具体而言,涉及一种高位滑坡失稳及运动模拟方法及装置。

### 背景技术

[0002] 相关技术中,由于滑坡运动过程极其复杂,影响因素繁多,在滑坡的研究中,滑坡运动过程研究一直是滑坡研究领域的重点和难点,滑坡运动过程的定性研究已经不能满足滑坡灾害防控的需求。由于滑坡灾害往往瞬间发生,野外调查很少能够对滑坡运动的全过程进行捕捉,即便现场有观测,观测的视角和数据的采集也有很大的局限性,因此一般的滑坡灾害运动学研究主要是通过实地勘察来获得滑坡堆积体的几何数据,无法获取即时的滑坡运动过程数据,这些基本数据在深度和广度上已不能满足滑坡灾害的进一步研究。另一方面,在野外环境中,滑坡区的岩体结构、地形地貌环境以及其他外部因素难于量化,导致滑坡运动过程具有唯一性和随机性,即使在同一地区诱发因素相同、边界条件相似的滑坡,其运动特征也会便显出显著的差异性。

[0003] 原位监测是获取滑坡运动的实时数据的较好方法,常通过在滑坡体上布设传感器以构成监测系统;这种技术虽然精确度较高,但无法满足滑坡破坏时瞬间数据采集和大变形的需求,可重复性较差。从工作量的角度来说,在野外进行滑坡灾害的调查与监测需要大量的人力物力,监测周期较。

### 发明内容

[0004] 本申请旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一。为此,本申请提出一种高位滑坡失稳及运动模拟方法及装置,所述高位滑坡失稳及运动模拟方法具有结构简单、成本低,试验过程重复性强、成本低廉,大大缩短监测周期,提高工作效率、适用性强。

[0005] 第一方面,本发明实施例提供一种高位滑坡失稳及运动模拟方法,包括  
S1、组装调整滑坡,模拟地形起伏;将野外测绘得到的地形地貌数据输入到3D打印设备中,准备3D打印机所需的原材料进行分块打印;

S2、启动相应的设备,准备捕捉滑坡运动过程的三维数据;

S3、在滑坡上端放置滑体,进行滑体材料装样,并进行滑落测试,滑体材料脱离,沿滑坡运动下滑,直至停止运动,形成滑坡堆积体;

S4、在滑坡底部安装压力传感器,获取滑坡运动过程中的压力数据;

S5、对滑坡运动过程中压力传感器采集的压力数据和采集的滑体材料形态数据进行处理。

[0006] 优选的,在S1中进行试验准备的具体过程包括:

通过热熔胶或者磁铁,将分块的3D地形固定在滑坡的表面,水平放置的滑坡预留有传感器开孔;

将扫描仪固定在电动云台上;

将扫描仪通过数据线或蓝牙连接至笔记本电脑；

在笔记本电脑中打开Echo软件，并调节扫描仪的视图范围，使目标采集区域完全处于视图范围内；

调节扫描仪镜头方向，使扫描仪机身与滑坡运动方向平行。

[0007] 优选的，还包括选取坐标原点和参考平面；

将滑坡底板和滑坡运动斜面的交线的中点设置为坐标原点，设定垂直于交线且与滑体运动方向相同的方向为x轴正方向，设定与x正方向逆时针夹角为 $90^\circ$ 的方向为y轴正方向，设定沿滑坡底板法线方向向上的方向为z轴正方向，设定滑坡底板面为xoy面。

[0008] 根据本申请实施例的高位滑坡失稳及运动模拟方法，通过收集野外的地形地貌信息，在室内利用3D打印机等比例复原缩小，在室内进行大量的平行试验验证，不仅可以重复操作，而且降低了在野外进行滑坡灾害的调查与监测消耗的大量人力物力，并通过三维工程建模，获取大量精确的滑坡量化数据，探索野外斜坡破坏的诱发因素以及滑坡的致灾范围，能够有效服务于滑坡预防、勘察和应急等工作，试验过程重复性强、成本低廉，大大缩短监测周期，提高工作效率，结构简单，适用性强。

[0009] 另外，根据本申请实施例的高位滑坡失稳及运动模拟方法还具有如下附加的技术特征：

第二方面，本发明实施例另提供一种高位滑坡失稳及运动模拟装置，包括上述任意一项所述的高位滑坡失稳及运动模拟方法；以及滑坡体堆积盒、承载斜板和检测机构；

所述滑坡体堆积盒上端敞口设置，所述滑坡体堆积盒内设置有滑坡体堆积槽，所述滑坡体堆积槽下表面开设有传感器安装孔，所述传感器安装孔内设置有压力传感器；

所述承载斜板的下端与所述滑坡体堆积盒的一端铰接，所述承载斜板的背面与所述滑坡体堆积盒之间连接有第一电推杆，所述滑坡体堆积槽和所述承载斜板的表面均设置有用于模拟地形起伏的地形模拟板；

所述检测机构包括控制器、三维扫描仪以及激光网格器，所述控制器设置在所述滑坡体堆积盒的上方，所述三维扫描仪与所述激光网格器安装在所述控制器下端。

[0010] 优选的，所述滑坡体堆积盒的一端转动安装有旋转轴，所述承载斜板的下端与所述旋转轴固定连接，所述滑坡体堆积盒的另一端开设有出料口，所述出料口端口固定有导料板。

[0011] 优选的，所述滑坡体堆积盒内设置有可拆卸的清扫机构，所述清扫机构用于对所述滑坡体堆积槽内堆积的滑体进行清理，所述滑坡体堆积盒开设出料口的一端呈锥形漏斗状。

[0012] 优选的，所述清扫机构包括与所述滑坡体堆积盒侧壁滑动连接的挡板；设置在所述挡板下端的刷毛，所述刷毛下端与所述滑坡体堆积槽下表面抵触，所述刷毛沿所述挡板长度方向阵列设置有多个；用于驱动所述挡板沿所述滑坡体堆积盒长度方向滑移的往复驱动机构。

[0013] 优选的，所述挡板表面固定有缓冲垫，所述挡板下端通过转轴铰接有转杆，所述刷毛固定在所述转杆表面，所述挡板向所述缓冲垫正对的方向移动时，所述转杆绕所述转轴旋转。

[0014] 优选的，所述滑坡体堆积盒侧壁安装有调节架，所述控制器安装在所述调节架上

端,所述滑坡体堆积盒外壁嵌装有水准仪,所述传感器安装孔开设有多个。

[0015] 优选的,所述调节架包括与所述滑坡体堆积盒连接的滑套;滑动插接在所述滑套上端的滑杆,所述控制器安装在所述滑杆上端;与所述滑套外壁螺纹连接的锁紧旋钮,所述锁紧旋钮的一端与所述滑杆表面抵触,所述锁紧旋钮设置在所述滑套上端。

[0016] 下面参照附图描述根据本申请实施例的高位滑坡失稳及运动模拟方法的工作过程:

优选的,所述承载斜板包括上支板和下支板,所述下支板与所述上支板滑动连接,所述上支板与所述下支板之间连接有第二电推杆。

[0017] 优选的,所述上支板上端铰接有支撑板,所述上支板与所述支撑板之间连接有第三电推杆,所述支撑板上表面用于支撑滑体,并通过所述第三电推杆调节倾斜角度,测试滑体滑移的最小倾角。

[0018] 优选的,所述滑坡体堆积盒的两端分别固定有支撑座,所述支撑座表面开设有安装孔,所述第一电推杆的下端与所述支撑座铰接,所述第一电推杆的上端与所述下支板背面铰接。

[0019] 优选的,所述控制器为电动云台,电动云台上设置有显示屏,所述滑套与所述滑坡体堆积盒侧壁滑动连接,所述滑杆上端固定有横梁,所述横梁通过升降机构与所述控制器连接。

[0020] 下面参照附图描述根据本申请实施例的高位滑坡失稳及运动模拟方法的工作过程:

优选的,所述支撑板表面安装有可拆卸的滑体释放盒,所述滑体释放盒的一侧开设有排料口,所述排料口安装有电磁门,所述滑体释放盒内设置有隔板,所述隔板将所述滑体释放盒内部分隔为存储腔和测试腔,所述排料口开设在所述测试腔侧壁。

[0021] 优选的,所述排料口正对所述承载斜板的陡坡,所述电磁门通过电磁开关控制,所述滑体释放盒侧壁开设有定位槽,所述隔板可拆卸的插接在所述定位槽内,所述滑体释放盒顶部卡接有盖板。

[0022] 本申请的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本申请的实践了解到。

## 附图说明

[0023] 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案,下面将对本申请实施例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申请的某些实施例,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。

[0024] 图1是根据本申请实施例高位滑坡失稳及运动模拟方法的第一视角立体结构示意图;

图2是根据本申请实施例高位滑坡失稳及运动模拟方法的第二视角的立体结构示意图;

图3是根据本申请实施例滑坡体堆积盒的立体结构示意图;

图4是根据本申请实施例承载斜板的立体结构示意图;

图5是根据本申请其它实施例中的承载斜板立体结构示意图；

图6是根据本申请实施例滑体释放盒的立体结构示意图；

图7是根据本申请实施例检测机构的立体结构示意图；

图8是根据本申请实施例挡板正面的立体结构示意图；

图9是根据本申请实施例挡板背面的立体图。

[0025] 图标：100、滑坡体堆积盒；101、传感器安装孔；102、旋转轴；103、出料口；104、水准仪；111、挡板；113、刷毛；115、缓冲垫；117、转轴；119、转杆；300、承载斜板；301、第一电推杆；302、第二电推杆；303、第三电推杆；310、上支板；320、下支板；330、支撑板；350、滑体释放盒；351、电磁门；353、隔板；500、检测机构；510、控制器；530、三维扫描仪；550、激光网格器；570、调节架；571、滑套；573、滑杆；575、锁紧旋钮；577、横梁；590、升降机构。

### 具体实施方式

[0026] 下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行描述。

[0027] 为使本申请实施方式的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本申请实施方式中的附图，对本申请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申请一部分实施方式，而不是全部的实施方式。基于本申请中的实施方式，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，都属于本申请保护的范围。

### 实施例

[0028] 下面参考附图描述根据本申请实施例的高位滑坡失稳及运动模拟方法及装置；

本发明实施例提供一种高位滑坡失稳及运动模拟方法，包括

S1、组装调整滑坡，模拟地形起伏；将野外测绘得到的地形地貌数据输入到3D打印设备中，准备3D打印机所需的原材料进行分块打印；

S2、启动相应的设备，准备捕捉滑坡运动过程的三维数据；

S3、在滑坡上端放置滑体，进行滑体材料装样，并进行滑落测试，滑体材料脱离，沿滑坡运动下滑，直至停止运动，形成滑坡堆积体；

S4、在滑坡底部安装压力传感器，获取滑坡运动过程中的压力数据；

S5、对滑坡运动过程中压力传感器采集的压力数据和采集的滑体材料形态数据进行处理。

[0029] 优选的，在S1中进行试验准备的具体过程包括：

通过热熔胶或者磁铁，将分块的3D地形固定在滑坡的表面，水平放置的滑坡预留有传感器开孔；

将扫描仪固定在电动云台上；

将扫描仪通过数据线或蓝牙连接至笔记本电脑；

在笔记本电脑中打开Echo软件，并调节扫描仪的视图范围，使目标采集区域完全处于视图范围内；

调节扫描仪镜头方向，使扫描仪机身与滑坡运动方向平行。

[0030] 优选的，还包括选取坐标原点和参考平面；

将滑坡底板和滑坡运动斜面的交线的中点设置为坐标原点,设定垂直于交线且与滑体运动方向相同的方向为x轴正方向,设定与x正方向逆时针夹角为 $90^\circ$ 的方向为y轴正方向,设定沿滑坡底板法线方向向上的方向为z轴正方向,设定滑坡底板面为xoy面;

其他一些实施例中,在具体实施时:

提取滑坡堆积体的最大长度和最大宽度;

具体实施时,利用Echo软件中自带的测量工具,在选择点模式下双击选择滑坡堆积体长度方向最前缘和最后缘的点,再选择宽度方向最左端和最右端的点,最前缘和最后缘的点x坐标之差的绝对值为堆积体的最大长度,最左端和最右端的点y坐标之差的绝对值为堆积体的最大宽度;

提取滑坡堆积体的最大厚度;

具体实施时,在砂体运动结束时的某一单帧中,圈定砂体运动结束时的某一单帧堆积体表面点,再点击反选其他点进行删除,最后选择剩下的堆积体形态的点,找出z轴方向的最大值和最小值,两者的差值即为滑坡堆积体的最大厚度;

提取滑坡堆积体的周长和面积;

具体实施时,采用样条曲线沿堆积体边界矢量化出闭合的堆积体边界线,使用list命令提取出该闭合曲线的长度P2和面积A2,再采用直线矢量化出底板面单个网格的边长L2,对该直线使用list命令提取出其长度,因已知底板面的正方形网格(每个网格的边长为5cm)的边长L1,则滑坡堆积体的周长 $P1 = P2 \cdot L1 / L2$ ,滑坡堆积体的面积 $A1 = A2 \cdot (L1 / L2)^2$ ;

提取滑坡运动的速度和加速度;

具体实施时,在Echo软件中点击编辑按钮使采集的数据点处于可编辑状态,对点云工程文件作旋转变换,使得滑坡斜面与xoy面重合,在选择点模式下双击选择滑体底部的坐标数据,再依次选择出滑坡开始运动时每一帧的最前缘点坐标数据,当滑体最前缘运动至底板面时,利用同样的点选取方法在以xoy面为参考面上提取出滑体最前缘点坐标数据,导出数据;扫描仪每0.125s采集一次数据,因此利用每相邻两帧的x轴方向坐标之差的绝对值作为每0.125s的位移,可求出滑坡运动的速度和加速度;

提取滑坡运动时每帧状态下的滑体边界;

具体实施时,在Echo软件中选择点模式下双击选择滑体边界上的坐标数据,在AutoCAD中画出每帧状态下滑体的边界;

制作滑坡堆积体的云图;

具体实施时,以xoy面为参考面,圈定滑坡运动结束时的某一单帧堆积体表面点,再点击反选其他点进行删除,最后选择剩下的堆积体形态的点,通过Surfer软件创建滑坡堆积体等值线图;

获取滑坡运动过程中每一帧的剖面图。

[0031] 具体实施时,在滑坡斜面与xoy面重合的条件下,圈定包括滑体和堆积体运动过程涉及范围的点云数据,再点击反选其他点进行删除,最后选择剩余部分的全部点云,导出数据,对砂体运动过程中的每一帧都重复这种操作;通过Surfer软件创建对应的滑坡运动过程不同帧时的等值线图,获取每一帧时的滑体运动过程等值线图,获取滑坡运动过程中每一帧的剖面图。

[0032] 根据本申请实施例的高位滑坡失稳及运动模拟方法,通过收集野外的地形地貌信息,在室内利用3D打印机等比例复原缩小,在室内进行大量的平行试验验证,不仅可以重复操作,而且降低了在野外进行滑坡灾害的调查与监测消耗的大量人力物力,并通过三维工程建模,获取大量精确的滑坡量化数据,探索野外斜坡破坏的诱发因素以及滑坡的致灾范围,能够有效服务于滑坡预防、勘察和应急等工作,试验过程重复性强、成本低廉,大大缩短监测周期,提高工作效率,结构简单,适用性强。

[0033] 另外,根据本申请实施例的高位滑坡失稳及运动模拟方法还具有如下附加的技术特征:

第二方面,请参阅图1和9,本发明实施例另提供一种高位滑坡失稳及运动模拟装置,包括上述任意一项的高位滑坡失稳及运动模拟方法;以及滑坡体堆积盒100、承载斜板300和检测机构500;

滑坡体堆积盒100上端敞口设置,滑坡体堆积盒100内设置有滑坡体堆积槽,滑坡体堆积槽下表面开设有传感器安装孔101,传感器安装孔101内设置有压力传感器;

承载斜板300的下端与滑坡体堆积盒100的一端铰接,承载斜板300的背面与滑坡体堆积盒100之间连接有第一电推杆301,滑坡体堆积槽和承载斜板300的表面均设置有用模拟地形起伏的地形模拟板;

检测机构500包括控制器510、三维扫描仪530以及激光网格器550,控制器510设置在滑坡体堆积盒100的上方,三维扫描仪530与激光网格器550安装在控制器510下端。

[0034] 在本方案中,使用时,滑坡体堆积盒100内设置有滑坡体堆积槽,滑坡体堆积槽下表面开设有传感器安装孔101,传感器安装孔101内设置有压力传感器,通过开设的传感器安装孔101可以更换传感器的类型,能够检测不同材料的滑体及其应变场变化数据;将模拟滑坡的材料放置在滑坡顶部,准备工作完成后,释放滑体,滑体开始运动直至停止,在滑坡底部形成滑坡堆积体;

承载斜板300的下端与滑坡体堆积盒100的一端铰接,承载斜板300的背面与滑坡体堆积盒100之间连接有第一电推杆301,通过控制第一电推杆301调节300的倾斜程度,滑坡体堆积槽和承载斜板300的表面均设置有用模拟地形起伏的地形模拟板,用于模拟实际地形地貌;

控制器510设置在滑坡体堆积盒100的上方,三维扫描仪530与激光网格器550安装在控制器510下端,其中三维扫描仪530进行全程扫描,操作简便,能够重复进行试验,获得精确的滑坡运动模拟数据。可以在室内实现模拟滑坡运动的过程中,实时监测并记录其运动全过程的影像资料以及滑坡体在下覆面上运动时的应力变化数据。通过激光网格器550获取滑坡堆积体的多方位剖面分区数据,利用激光网格器550可以将滑坡的横纵剖面进行均匀的分区,配合不同的数理统计方法使理论研究更加深入。

[0035] 在具体实施中,滑坡体堆积盒100的一端转动安装有旋转轴102,承载斜板300的下端与旋转轴102固定连接,滑坡体堆积盒100的另一端开设有出料口103,出料口103端口固定有导料板。

[0036] 在具体实施中,滑坡体堆积盒100内设置有可拆卸的清扫机构,清扫机构用于对滑坡体堆积槽内堆积的滑体进行清理,滑坡体堆积盒100开设出料口103的一端呈锥形漏斗状。

[0037] 在具体实施中,清扫机构包括与滑坡体堆积盒100侧壁滑动连接的挡板111;设置在挡板111下端的刷毛113,刷毛113下端与滑坡体堆积槽下表面抵触,刷毛113沿挡板111长度方向阵列设置有多个;用于驱动挡板111沿滑坡体堆积盒100长度方向滑移的往复驱动机构,其中进行直线往复运动的,容易联想到的是,能够实现直线往复运动的结构极多,其均适用于用来作为本申请中的控制结构。例如:常见的螺纹杆和螺纹块结构,螺纹杆转动从而驱动螺纹块进行直线往复运动;齿轮和齿条结构,齿轮转动从而驱动齿条进行直线往复运动;电动推杆结构;液压推杆结构等。

[0038] 在具体实施中,挡板111表面固定有缓冲垫115,挡板111下端通过转轴117铰接有转杆119,刷毛113固定在转杆119表面,挡板111向缓冲垫115正对的方向移动时,转杆119绕转轴117旋转。

[0039] 在具体实施中,滑坡体堆积盒100侧壁安装有调节架570,控制器510安装在调节架570上端,滑坡体堆积盒100外壁嵌装有水准仪104,传感器安装孔101开设有多个。

[0040] 在具体实施中,调节架570包括与滑坡体堆积盒100连接的滑套571;滑动插接在滑套571上端的滑杆573,控制器510安装在滑杆573上端;与滑套571外壁螺纹连接的锁紧旋钮575,锁紧旋钮575的一端与滑杆573表面抵触,锁紧旋钮575设置在滑套571上端。

[0041] 为了模拟陡坡在不同长度下滑体的运动状态,为此下面参照附图描述根据本申请实施例的高位滑坡失稳及运动模拟方法的工作过程:

请参阅图4,在具体实施中,承载斜板300包括上支板310和下支板320,下支板320与上支板310滑动连接,上支板310与下支板320之间连接有第二电推杆302。

[0042] 在具体实施中,上支板310上端铰接有支撑板330,上支板310与支撑板330之间连接有第三电推杆303,支撑板330上表面用于支撑滑体,并通过第三电推杆303调节倾斜角度,测试滑体滑移的最小倾角。

[0043] 在具体实施中,滑坡体堆积盒100的两端分别固定有支撑座,支撑座表面开设有安装孔,第一电推杆301的下端与支撑座铰接,第一电推杆301的上端与下支板320背面铰接。

[0044] 在具体实施中,下支板320与上支板310滑动连接,通过在上支板310与下支板320之间连接第二电推杆302,可以控制第二电推杆302的伸缩带动上支板310与下支板320之间缩短或拉长,便于实验过程中数据的调整;其中,在上支板310上端铰接支撑板330,上支板310与支撑板330之间连接有第三电推杆303,支撑板330上表面用于支撑滑体,并通过第三电推杆303伸缩调节支撑板330的倾斜角度,测试放置在支撑板330表面的滑体滑移的最小倾角,获取相关运动数据。

[0045] 在其他一下实施例中,请参阅图5,上支板310与下支板320可以为相互交错滑动的支撑体,用于实现承载斜板300整体的伸缩操作。

[0046] 在具体实施中,控制器510为电动云台,电动云台上设置有显示屏,滑套571与滑坡体堆积盒100侧壁滑动连接,滑杆573上端固定有横梁577,横梁577通过升降机构590与控制器510连接;其中,升降机构590进行升降直线往复运动。容易联想到的是,能够实现直线往复运动的结构极多,其均适用于用来作为本申请中的控制结构。例如:常见的螺纹杆和螺纹块结构,螺纹杆转动从而驱动螺纹块进行直线往复运动;齿轮和齿条结构,齿轮转动从而驱动齿条进行直线往复运动;电动推杆结构;液压推杆结构等。

[0047] 滑体在陡坡顶部通过人工手动释放费时费力,为了便于控制滑体的滑落,因此下

面参照附图描述根据本申请实施例的高位滑坡失稳及运动模拟方法的工作过程：

在具体实施中，支撑板330表面安装有可拆卸的滑体释放盒350，滑体释放盒350的一侧开设有排料口，排料口安装有电磁门351，滑体释放盒350内设置有隔板353，隔板353将滑体释放盒350内部分隔为存储腔和测试腔，排料口开设在测试腔侧壁。

[0048] 在具体实施中，排料口正对承载斜板300的陡坡，电磁门351通过电磁开关控制，滑体释放盒350侧壁开设有定位槽，隔板353可拆卸的插接在定位槽内，滑体释放盒350顶部卡接有盖板。

[0049] 使用时，支撑板330表面安装有可拆卸的滑体释放盒350，滑体释放盒350的一侧开设有排料口，排料口安装有电磁门351，电磁门351通过电磁开关控制，用于释放滑体释放盒350内的滑体，滑体释放盒350内设置有隔板353，隔板353将滑体释放盒350内部分隔为存储腔和测试腔，使得滑体释放盒350不仅可以存储多次实验所需的滑体；并且滑体释放盒350侧壁开设有定位槽，隔板353可拆卸的插接在定位槽内，便于隔板353的拆装，方便滑体在存储腔与测试腔之间转换，通过电控操作便捷，方便操作使用；

根据本申请实施例的第一电推杆301、第二电推杆302、第三电推杆303、电磁门351、传感器、控制器510、三维扫描仪530以及激光网格器550的其他构成以及操作对于本领域普通技术人员而言都是已知的，这里不再详细描述。

[0050] 需要说明的是，第一电推杆301、第二电推杆302、第三电推杆303、电磁门351、传感器、控制器510、三维扫描仪530以及激光网格器550具体的型号规格需根据该装置的实际规格等进行选型确定，具体选型计算方法采用本领域现有技术，故不再详细赘述。

[0051] 第一电推杆301、第二电推杆302、第三电推杆303、电磁门351、传感器、控制器510、三维扫描仪530以及激光网格器550的供电及其原理对本领域技术人员来说是清楚的，在此不予详细说明。

[0052] 需要说明的是，当元件被称为“固定于”、“设置于”、“固设于”或“安设于”另一个元件，它可以直接在另一个元件上或者也可以存在居中的元件。当一个元件被认为是“连接”另一个元件，它可以是直接连接到另一个元件或者可能同时存在居中元件。进一步地，当一个元件被认为是“固定连接”另一个元件，二者可以是可拆卸连接方式的固定，也可以不可拆卸连接的固定，如套接、卡接、一体成型固定、焊接等，在现有技术中可以实现，在此不再累赘。

[0053] 除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本发明的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施方式的目的，不是旨在于限制本发明。本文所使用的术语“及/或”包括一个或多个相关的所列项目的任意的和所有的组合。

[0054] 以上所述仅为本申请的实施例而已，并不用于限制本申请的保护范围，对于本领域的技术人员来说，本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。应注意到：相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项，因此，一旦某一项在一个附图中被定义，则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。

[0055] 以上所述，仅为本申请的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵

盖在本申请的保护范围之内。因此,本申请的保护范围应所述以权利要求的保护范围为准。

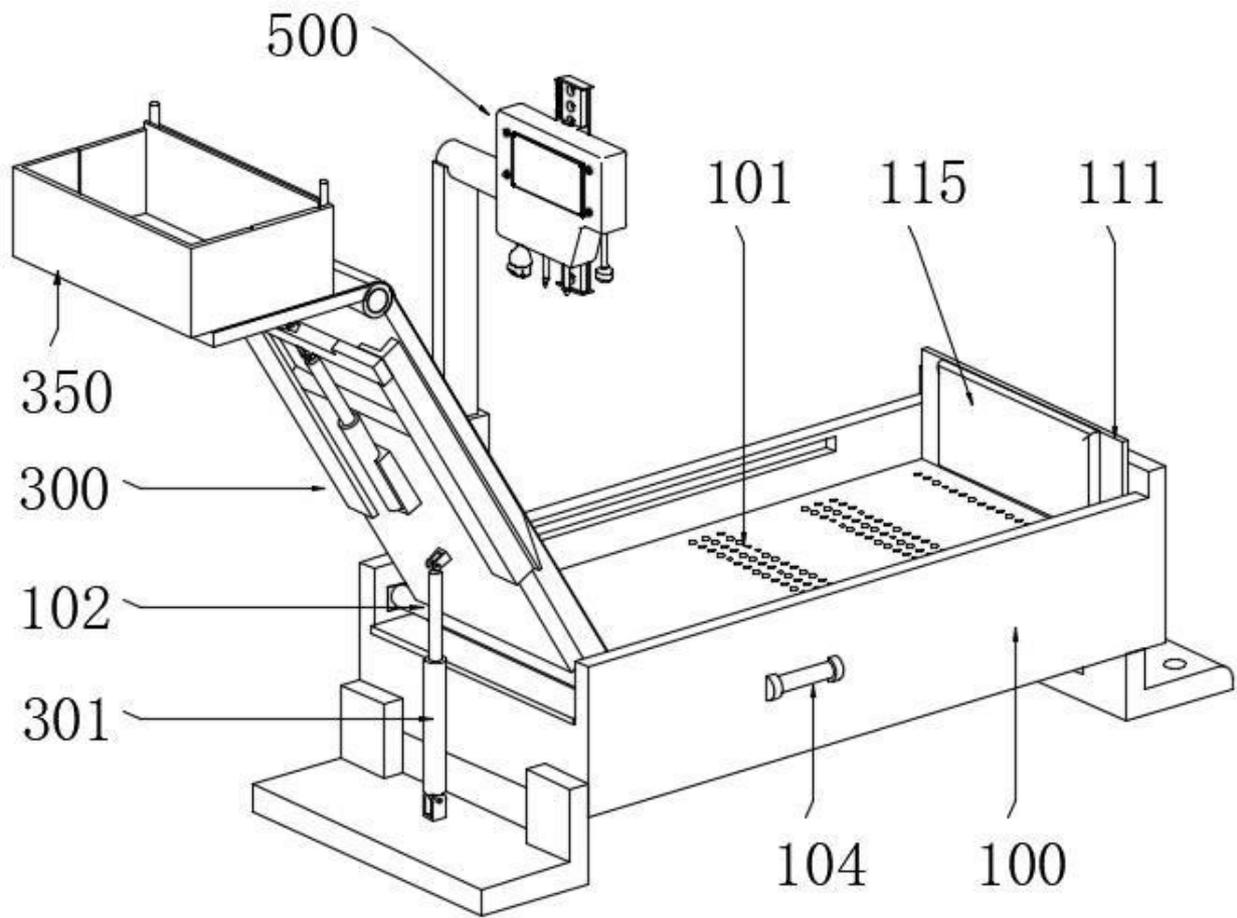


图 1

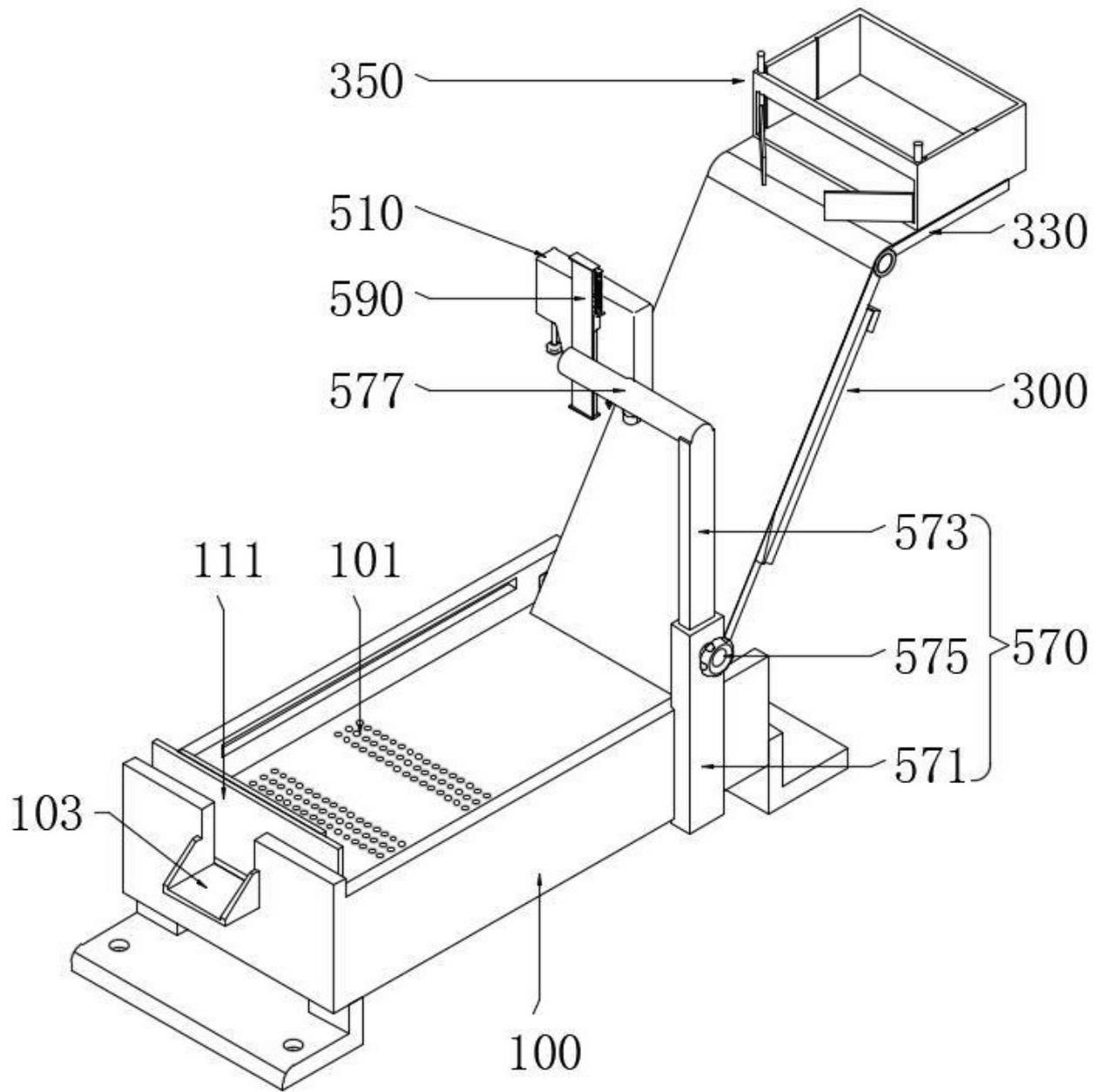


图 2

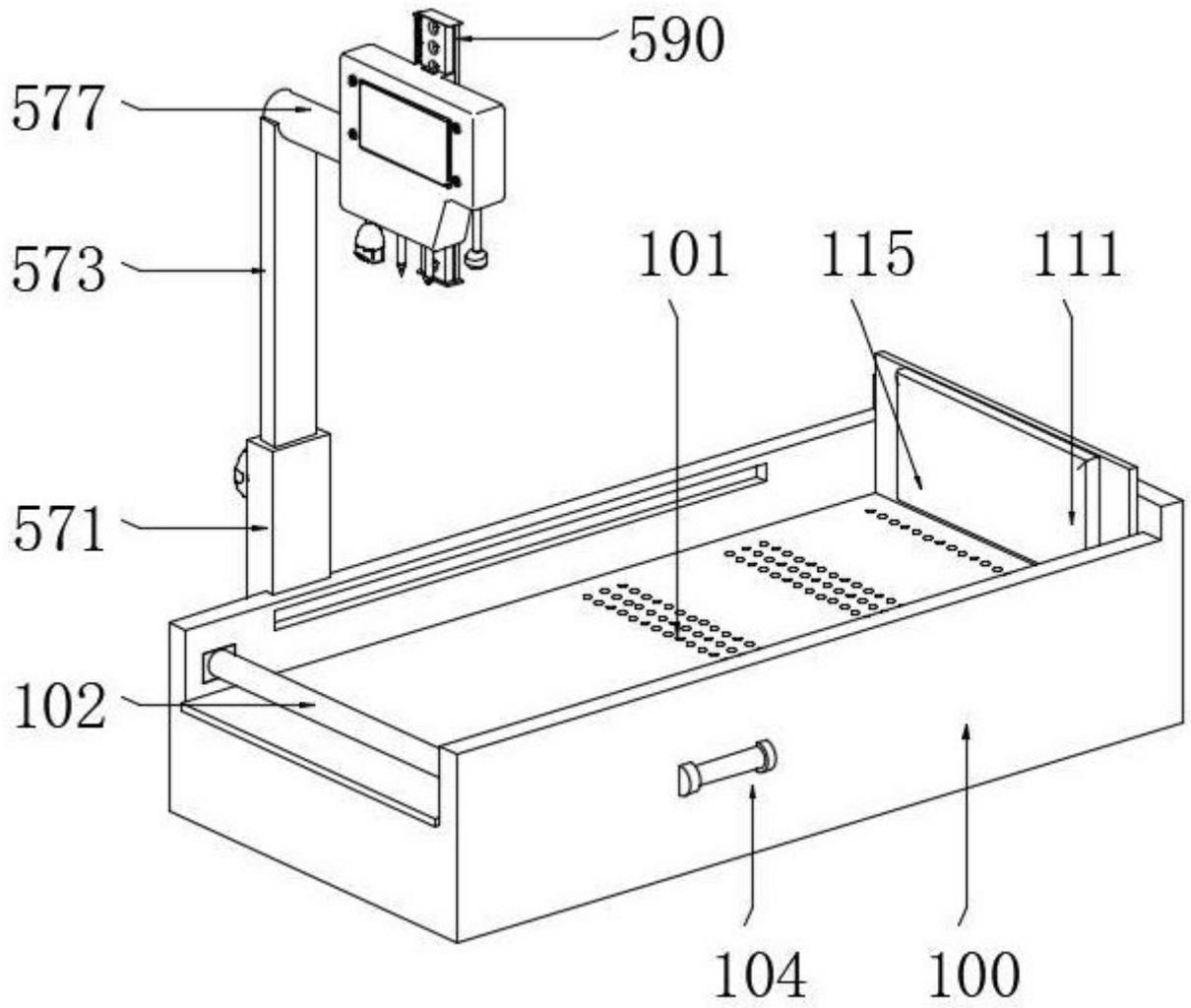


图 3

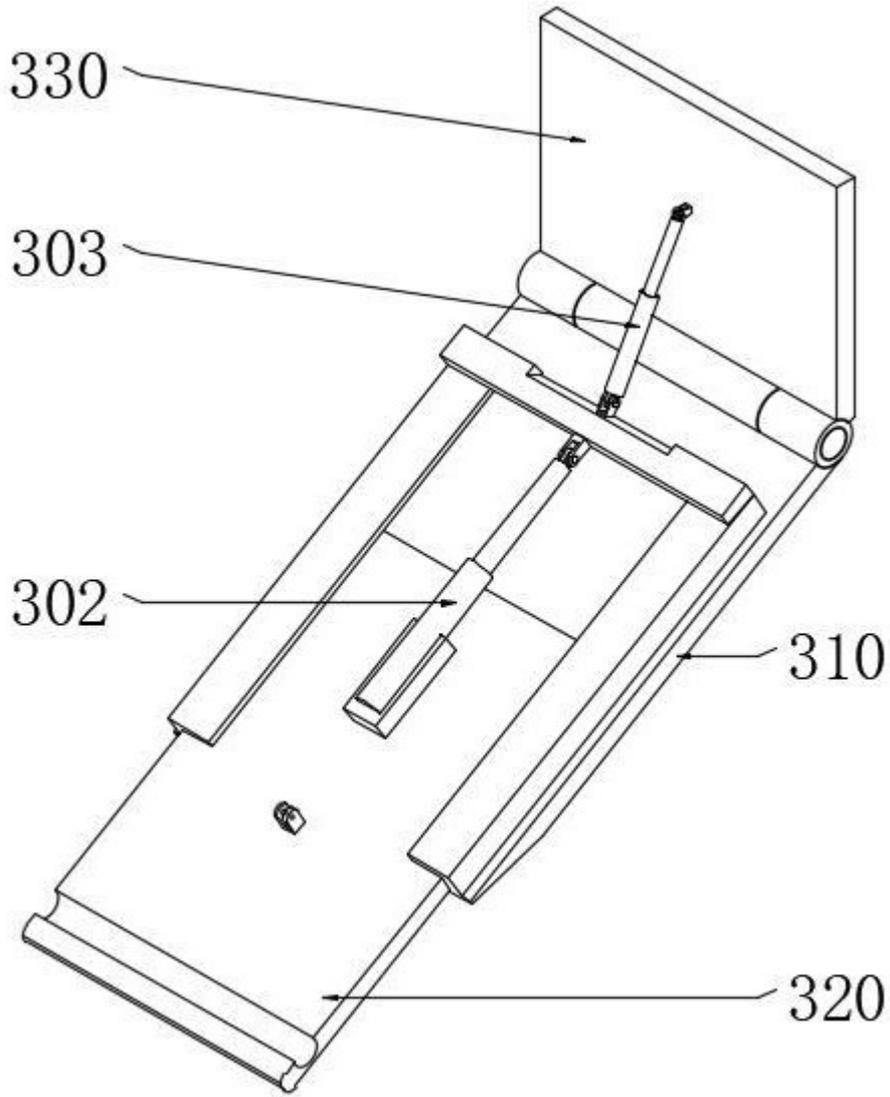


图 4

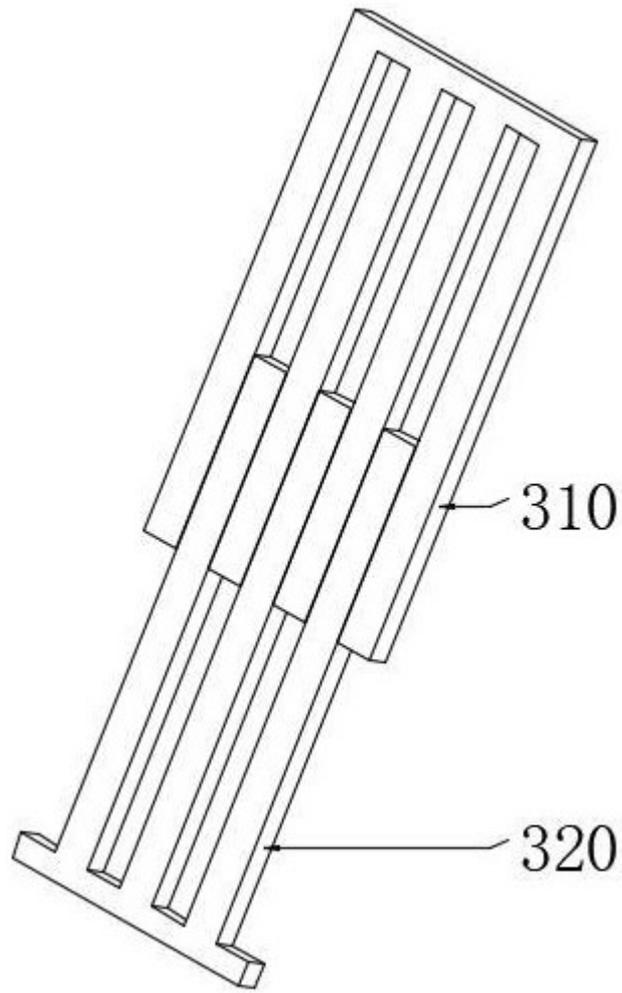


图 5

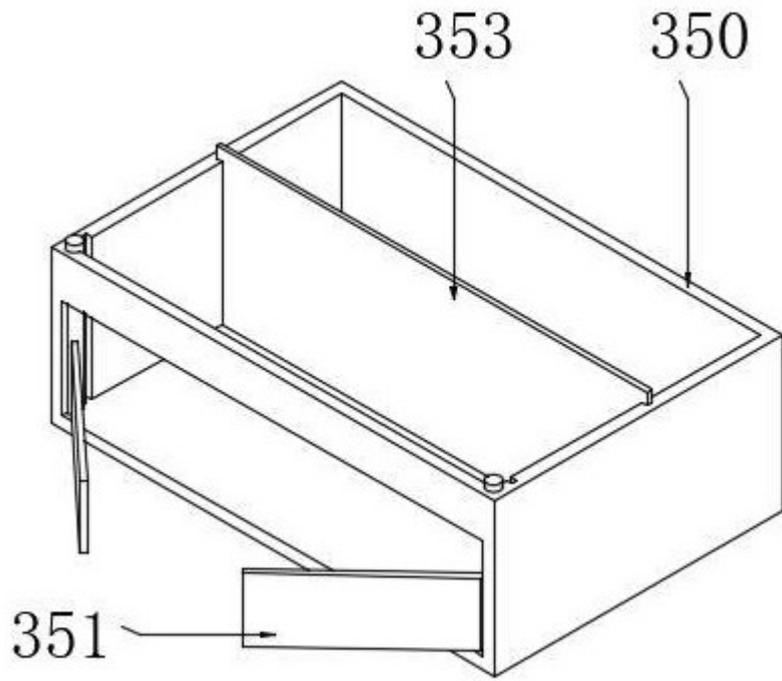


图 6

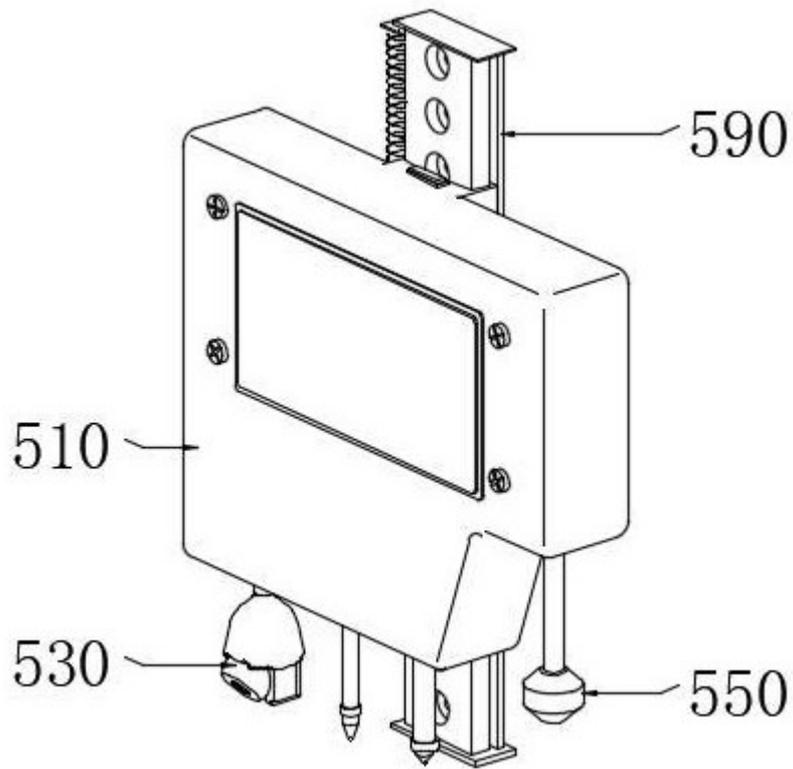


图 7

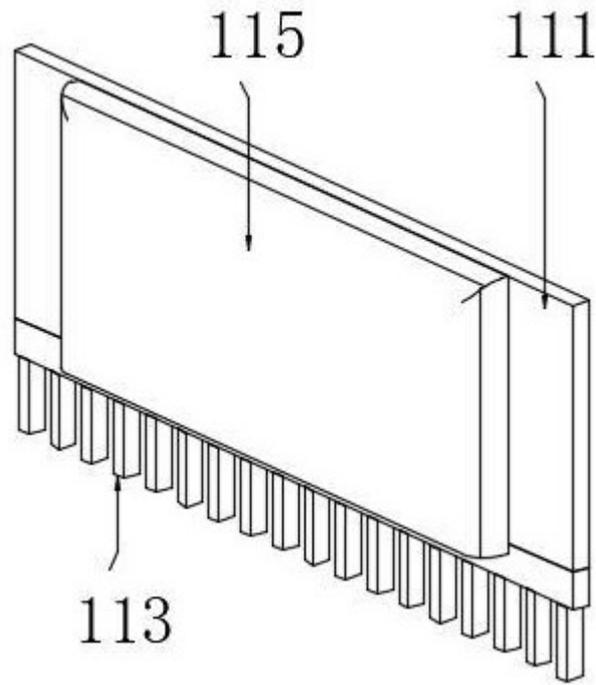


图 8

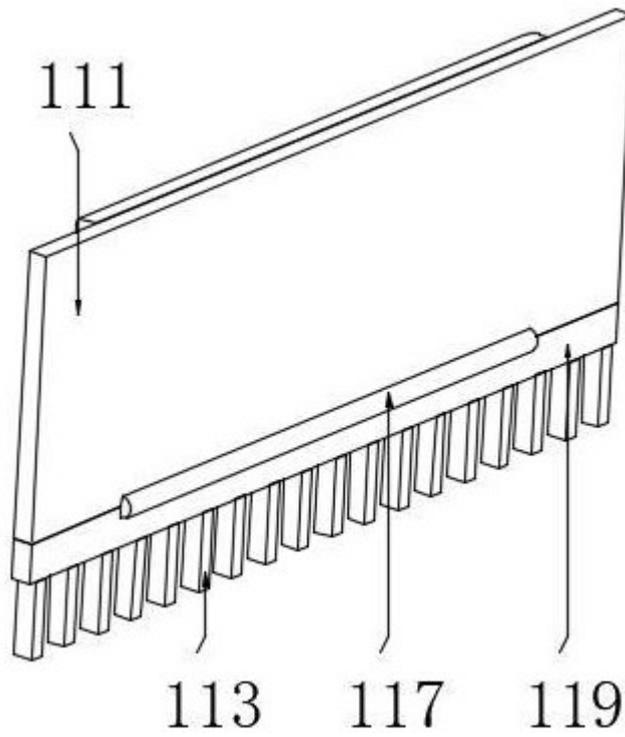


图 9