



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103217512 A

(43) 申请公布日 2013. 07. 24

(21) 申请号 201310124460. 0

(22) 申请日 2013. 04. 11

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路 15 号

(72) 发明人 范永波 李世海 刘晓宇 侯岳峰 周杨

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390

代理人 王艺

(51) Int. Cl.

G01N 33/24(2006. 01)

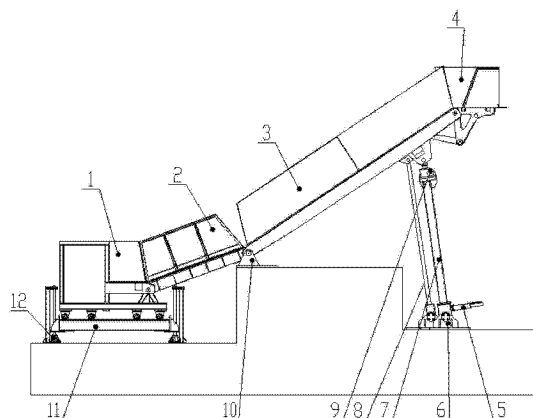
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种滑坡物理模型实验装置

(57) 摘要

本发明公开一种滑坡物理模型实验装置,包括:滑坡实验槽,所述滑坡实验槽包括底座及四段平台,其中,所述第一段平台位于所述底座之上,所述第一段平台、第二段平台、第三段平台和第四段平台依次相连,所述第一段平台为水平状态,第二段平台、第三段平台和第四段平台的倾斜角度可调节。本发明的滑坡物理模型实验装置具有大尺度、分段式、多因素、全过程的特点,可真实模拟水动力诱发因素下滑坡灾害链全过程破坏演化。



1. 一种滑坡物理模型实验装置,包括:滑坡实验槽,其特征在于,所述滑坡实验槽包括底座及四段平台,其中,所述第一段平台位于所述底座之上,所述第一段平台、第二段平台、第三段平台和第四段平台依次相连,所述第一段平台为水平状态,第二段平台、第三段平台和第四段平台的倾斜角度可调节。

2. 如权利要求1所述的实验装置,其特征在于,

所述第一段平台与第二段平台、第二段平台与第三段平台、第三段平台与第四段平台之间均采用轴连接,其中,第二段平台的转动角度为 $0 \sim 15$ 度,第三段平台的转动角度为 $0 \sim 40$ 度,第四段平台的转动角度为 $0 \sim 40$ 度。

3. 如权利要求1或2所述的实验装置,其特征在于,

所述滑坡实验槽的长为11.5m,宽3m;第二段平台、第三段平台和第四段平台按设定最大角度就位后,滑坡实验槽高6m;其中第一段平台长2m、第二段平台长2.5m、第三段平台长6m、第四段平台长1m,四段平台的宽度均为3m。

4. 如权利要求1所述的实验装置,其特征在于,

所述滑坡物理模型实验装置还包括升降机构,所述升降机构与所述底座的四个角相连,用于调整所述底座的高度;

所述第一段平台可在所述底座上水平移动,通过调整所述底座的高度以及所述第一段平台的位置,调节所述第二段平台的倾斜角度。

5. 如权利要求1所述的实验装置,其特征在于,

所述滑坡物理模型实验装置还包括第三段平台调节装置,所述第三段平台调节装置包括液压千斤顶、安全装置、液压插销和微调机构,所述液压千斤顶与第三段平台相连,用于对第三段平台进行支撑;所述安全装置上分布有多个椭圆形孔,用于液压插销插拔控制第三段平台倾斜角度,其顶端安装有微调机构,所述微调机构与第三段平台相连,用于进行第三段平台1度的抬升或下降。

6. 如权利要求1所述的实验装置,其特征在于,

所述滑坡物理模型实验装置还包括第四段平台调节装置,所述第四段平台调节装置与所述第三段平台与第四段平台相连,用于调节所述第四段平台的倾斜角度。

7. 如权利要求1~6中任意一项所述的实验装置,其特征在于,

所述滑坡物理模型实验装置还包括水动力诱发系统,所述水动力诱发系统包括人工降雨系统、库水位升降系统和承压水施加系统中的一个或多个,其中,

所述人工降雨系统用于对滑坡实验槽模拟降雨;

所述库水位升降系统用于对滑坡实验槽模拟水库在不同汛期的涨落;

所述承压水施加系统用于对滑坡实验槽施加承压水压力,以模拟降雨或地下水水位上涨造成的基岩上的土体被向上举升的力。

8. 如权利要求1~6中任意一项所述的实验装置,其特征在于,

所述滑坡物理模型实验装置还包括全过程测量系统,所述全过程测量系统包括表面位移测量系统、深部位移测量系统、含水量测量系统和应力测量系统,其中,

表面位移测量系统包括高速摄像机以及在坡体表面上布设的多个监测点,用于测量坡体表面位移;

所述深部位移测量系统包括布设在坡体内部的多个位移传感器,用于测量坡体内部位

移；

所述含水量测量系统包括时域反射仪,用于测量土壤水分；

所述应力测量系统包括布设在坡体不同深度位置的多个压力传感器,用于测量孔隙水压力和土压力。

一种滑坡物理模型实验装置

技术领域

[0001] 本发明涉及滑坡实验领域,特别涉及一种滑坡物理模型实验装置。

背景技术

[0002] 在滑坡物理模型实验平台研制方面,国外 Wang Gonghui (2003) 研制了一个长 1.8m, 宽 0.24m, 高 0.15m 的滑坡模型实验平台,开展了在降雨条件下的模型实验,通过改变滑体材料配比,得到了不同边坡破坏模式; Sergio D. N. Lourenco(2006) 研制了一个长 3m、宽 0.2975m、高 0.45m 的滑坡模型实验平台,开展了在降雨条件下的模型实验,进行了土体孔隙水压力和位移监测; Huang Ching-Chuan (2007) 研制了一个长 3.94m、宽 1.5m、高 1.7m 的滑坡模型实验平台,开展了降雨导致的边坡退化破坏模型实验。G. Acharya, T. A (2009) 研制了一个长 3.94m、宽 0.30m、高 0.8m 的滑坡模型实验平台,开展了降雨条件下,土层厚度对坡体破坏模式的影响规律研究; Hiroataka Ochiai (2009) 研制了一个长 9m、宽 1.00m、高 1.00m 的木质滑坡模型实验平台,开展了降雨条件下的砂土边坡模型实验。

[0003] 国内学者李世海、张均峰、罗先启、刘东燕等人均进行了滑坡物理模型实验平台的研制,并开展了相关的实验研究工作。

[0004] 上述滑坡模型实验装置虽在一定程度上促进了该类装置的发展,然而,仍存在一定程度的局限:

[0005] (1) 尺度小,尺寸效应明显;

[0006] (2) 滑床形态单一,多为一段式,而实际的滑床面多为一凹形面,故几何边界条件有较大误差;

[0007] (3) 精度不够,且机械传动部分多数为手工操作,局限于定性化,造成实验误差较大,定量化研究程度不够。

发明内容

[0008] 本发明要解决的技术问题就是克服现有滑坡实验装置滑床形态单一的问题,提出一种滑坡物理模型实验装置,可较真实地模拟水动力诱发因素下滑坡过程破坏演化。

[0009] 为了解决上述问题,本发明提供一种滑坡物理模型实验装置,包括:滑坡实验槽,所述滑坡实验槽包括底座及四段平台,其中,所述第一段平台位于所述底座之上,所述第一段平台、第二段平台、第三段平台和第四段平台依次相连,所述第一段平台为水平状态,第二段平台、第三段平台和第四段平台的倾斜角度可调节。

[0010] 优选地,上述实验装置还可具有以下特点:

[0011] 所述第一段平台与第二段平台、第二段平台与第三段平台、第三段平台与第四段平台之间均采用轴连接,其中,第二段平台的转动角度为 0~15 度,第三段平台的转动角度为 0~40 度,第四段平台的转动角度为 0~40 度。

[0012] 优选地,上述实验装置还可具有以下特点:

[0013] 所述滑坡实验槽的长为 11.5m,宽 3m;第二段平台、第三段平台和第四段平台按设

定最大角度就位后,滑坡实验槽高 6m;其中第一段平台长 2m、第二段平台长 2.5m、第三段平台长 6m、第四段平台长 1m,四段平台的宽度均为 3m。

[0014] 优选地,上述实验装置还可具有以下特点:

[0015] 所述滑坡物理模型实验装置还包括升降机构,所述升降机构与所述底座的四个角相连,用于调整所述底座的高度;

[0016] 所述第一段平台可在所述底座上水平移动,通过调整所述底座的高度以及所述第一段平台的位置,调节所述第二段平台的倾斜角度。

[0017] 优选地,上述实验装置还可具有以下特点:

[0018] 所述滑坡物理模型实验装置还包括第三段平台调节装置,所述第三段平台调节装置包括液压千斤顶、安全装置、液压插销和微调机构,所述液压千斤顶与第三段平台相连,用于对第三段平台进行支撑;所述安全装置上分布有多个椭圆形孔,用于液压插销插拔控制第三段平台倾斜角度,其顶端安装有微调机构,所述微调机构与第三段平台相连,用于进行第三段平台 1 度的抬升或下降。

[0019] 优选地,上述实验装置还可具有以下特点:

[0020] 所述滑坡物理模型实验装置还包括第四段平台调节装置,所述第四段平台调节装置与所述第三段平台与第四段平台相连,用于调节所述第四段平台的倾斜角度。

[0021] 优选地,上述实验装置还可具有以下特点:

[0022] 所述滑坡物理模型实验装置还包括水动力诱发系统,所述水动力诱发系统包括人工降雨系统、库水位升降系统和承压水施加系统中的一个或多个,其中,

[0023] 所述人工降雨系统用于对滑坡实验槽模拟降雨;

[0024] 所述库水位升降系统用于对滑坡实验槽模拟水库在不同汛期的涨落;

[0025] 所述承压水施加系统用于对滑坡实验槽施加承压水压力,以模拟降雨或地下水水位上涨造成的基岩上的土体被向上举升的力。

[0026] 优选地,上述实验装置还可具有以下特点:

[0027] 所述滑坡物理模型实验装置还包括全过程测量系统,所述全过程测量系统包括表面位移测量系统、深部位移测量系统、含水量测量系统和应力测量系统,其中,

[0028] 表面位移测量系统包括高速摄像机以及在坡体表面上布设的多个监测点,用于测量坡体表面位移;

[0029] 所述深部位移测量系统包括布设在坡体内部的多个位移传感器,用于测量坡体内部位移;

[0030] 所述含水量测量系统包括时域反射仪,用于测量土壤水分;

[0031] 所述应力测量系统包括布设在坡体不同深度位置的多个压力传感器,用于测量孔隙水压力和土压力。

[0032] 本发明的优点为:

[0033] 1、模型实验平台具有大尺寸、高精度、可调节、分段式特点,采用分段式平台模拟滑床,其角度可在设定角度内任意调节,可对不同滑床形态的边坡进行相似模型实验;

[0034] 2、考虑多种水动力耦合作用,可实现人工降雨、库水位升降、承压水三种水力边界条件,可研究多种水动力耦合作用下边坡的破坏规律;

[0035] 3、多种测试手段相结合,分为变形测量、应力测量、土体含水量测量等部分,为更

好地开展滑坡演化不同阶段的关键参量研究提供可能。

附图说明

[0036] 图 1 为本发明实施例的滑坡物理模型实验装置的立体示意图；

[0037] 图 2 为本发明实施例的滑坡物理模型实验装置的侧视图；

[0038] 其中,1—第一段平台,2—第二段平台,3—第三段平台,4—第四段平台,5—液压插销,6—立柱固定座,7—安全装置,8—液压千斤顶,9—微调机构,10—主固定座,11—底座,12—升降机构。

具体实施方式

[0039] 下文中将结合附图对本发明的实施例进行详细说明。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

[0040] 目前,国内外常用的滑坡实验平台尺寸多为二维,并多采用一段式。为模拟实际边坡岩土交界面上陡下缓结构特点,本发明的滑坡物理模型实验装置采用分段式、可调节设计思想。

[0041] 如图 1~2 所示,本发明滑坡物理模型实验装置,包括:滑坡实验槽,该滑坡实验槽包括底座 11 及四段平台,其中,第一段平台 1 位于所述底座 11 之上,所述第一段平台 1、第二段平台 2、第三段平台 3 和第四段平台 4 依次通过轴相连,所述第一段平台 1 为水平状态,第二段平台 2、第三段平台 3 和第四段平台 4 的倾斜角度可调节。

[0042] 其中,第二段平台 2 的转动角度为 0~15 度,第三段平台 3 的转动角度为 0~40 度,第四段平台 4 的转动角度为 0~40 度。

[0043] 所述滑坡实验槽的长为 11.5m,宽 3m;第二段平台 2、第三段平台 3 和第四段平台 4 按设定最大角度就位后,滑坡实验槽高 6m;其中第一段平台 1 长 2m、第二段平台 2 长 2.5m、第三段平台 3 长 6m、第四段平台 4 长 1m,四段平台 5 的宽度均为 3m。

[0044] 上述四段平台均包含有底板和侧板,在本实施例中,各段平台的底板宽度有细微差别,主要是为了保证分段侧板在抬升过程中不发生咬合现象,能转动自如。另外,侧板和各段轴连接处的防水,均采用乳胶膜软连接,能转动自如。在第二、三、四段底板处可分别安装有角度传感器,以实时显示底板与水平面夹角

[0045] 底座长 2600mm,可用于第一段平台移动的水平距离为 100mm,第二段平台由水平状态 0° 变为抬升 15° 状态,水平投影的变化量为 85mm。

[0046] 第二段平台 2 和第三段平台 3 通过主固定座 10 固定。

[0047] 所述滑坡物理模型实验装置可通过升降机构 12、第三段平台调节装置、和第四段平台调节装置调节第二段平台 2、第三段平台 3 和第四段平台 4 的倾斜角度。

[0048] 其中,升降机构 12 与所述底座 11 的四个角相连,用于调整所述底座 11 的高度。升降机构 12 包含相连的电机、升降机和丝杠装置,升降机和丝杠装置位于底座 11 的四个角,电机启动,便可实现四角位置的升降机和丝杠传动同步向上抬升底座 11。同时,所述第一段平台 1 可在所述底座 11 上水平移动,通过调整所述底座 11 的高度以及所述第一段平台 1 的位置,调节所述第二段平台 2 的倾斜角度。

[0049] 第三段平台调节装置包括液压千斤顶 8、安全装置 7、液压插销和微调机构 9,偶数

角度的调节是通过液压千斤顶 8、安全装置 7 和液压插销 5 配合完成,1° 的调节是通过位于安全装置 7 顶端的微调机构 9 来实现。液压千斤顶 8 与第三段平台 3 相连,用于对第三段平台 3 进行支撑;所述安全装置 7 上分布有多个椭圆形孔,用于液压插销 5 插拔控制第三段平台 3 倾斜角度,安全装置 7 顶端安装有微调机构 9,所述微调机构 9 与第三段平台 3 相连,用于进行第三段平台 3 的 1° 的抬升或下降。

[0050] 在本实施例中,液压千斤顶 8,为第三段平台 3 的主抬升装置,通过万向轴固定于距离第三段平台 3 后边缘 4/5 的位置,其设计承载力为 100 吨,长 4180mm,行程 3100mm,承载基座之上的高度为 1908mm,之下高度为 2272mm;

[0051] 安全装置 7,通过立柱固定座 6 固定在基座上,其总长 4610mm,其上分布有 21 个椭圆形孔,用于液压插销 5 插拔控制角度(2° 定位),同时其顶端安装有包含减速机、升降机和丝杠的微调机构 9。

[0052] 液压插销 5,通过一个轴套,可在安全装置 7 上滑动,用于千斤顶 8 抬升就位后,完成 2° 的角度定位。

[0053] 第四段平台调节装置(图中未示出)与所述第三段平台 3 与第四段平台 4 相连,可通过滑块+减速机+升降机+丝杠传动方式实现,用于调节所述第四段平台 4 的倾斜角度。

[0054] 实际滑坡发生主要是由于降雨、库水位以及承压水等水作用诱发所致。为研究边坡在这些水力条件的诱发机理,滑坡物理模型实验装置还可包括水动力诱发系统,所述水动力诱发系统包括人工降雨系统、库水位升降系统和承压水施加系统中的一个或多个。目前,国内外常用的滑坡实验平台通常仅包括降雨系统,库水位系统和承压水系统则很少见。

[0055] 所述人工降雨系统用于对滑坡实验槽模拟降雨,可采用水泵、变频泵、流量计、可调节球阀、空压机、喷头、管路等实现;

[0056] 所述库水位升降系统用于对滑坡实验槽模拟水库在不同汛期的涨落,可采用水箱、水泵、流量计、电动球阀、变频器等实现;

[0057] 所述承压水施加系统用于对滑坡实验槽施加承压水压力,以模拟降雨或地下水水位上涨造成的基岩上的土体被向上举升的力,可采用增压泵、水箱、管路、电磁阀、塑料软管等实现,设置在第三段底板上。

[0058] 所述滑坡物理模型实验装置还可包括全过程测量系统,采用全场测量、点测量相结合的方式。所述全过程测量系统包括表面位移测量系统、深部位移测量系统、含水量测量系统和应力测量系统,其中,

[0059] 表面位移测量系统包括高速摄像机以及在坡体表面上布设的多个监测点,用于测量坡体表面位移;具体地,在坡体表面布置网格,并在相应的网格交叉点处放置白色的三角形标志点(监测点),用高速摄像机对整个实验过程进行定点跟踪拍摄,记录下随着边坡的变形、位移情况,之后通过单帧取像,并量取每个标志点的位移,最后,绘出坡面上监测点的个数与位移之间的直方图。高速摄像机拍摄到的边坡破坏过程中则给出了滑坡标志点的位移与达到相应位移区间的点数之间的关系,利用这种直方图能够反映边坡失稳的演化过程。

[0060] 所述深部位移测量系统包括布设在坡体内部的多个位移传感器,用于测量坡体内部位移;位移传感器安装可在承压水施加方格边界的压条上,该传感器在第三段平台 3 上

均匀布设,用于测量滑坡体后缘的深部滑移量。当滑坡体深部有相对位移产生时,土体带动传感器滑竿端部的滑移块一起运动,从而测量出深部滑移量。

[0061] 所述含水量测量系统包括时域反射仪 TDR,用于测量土壤水分;TDR 时域反射技术测量土壤的介电常数,介电常数又与土壤水分含量的多少有着密切的关系,因此土壤的含水量即可以通过模拟电压输出被读数系统计算并显示出来。试样准备完毕后将土体含水率传感器的探针从滑坡模型的表面插入,根据测量的深度,将探针插入指定深度即可。

[0062] 所述应力测量系统包括布设在坡体不同深度位置的多个压力传感器,用于测量孔隙水压力和土压力,可测量三种水动力边界条件下,滑坡不同发展阶段的压力变化规律。

[0063] 表面位移测量系统和深部位移测量系统也可以采用在坡体表面使用引伸计、内部使用位移传感器、测斜仪等传统测量设备。

[0064] 综上所述,本发明的滑坡物理模型实验装置具有大尺度、分段式、多因素、全过程的特点,可真实模拟水动力诱发因素下滑坡灾害链全过程破坏演化。

[0065] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,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。

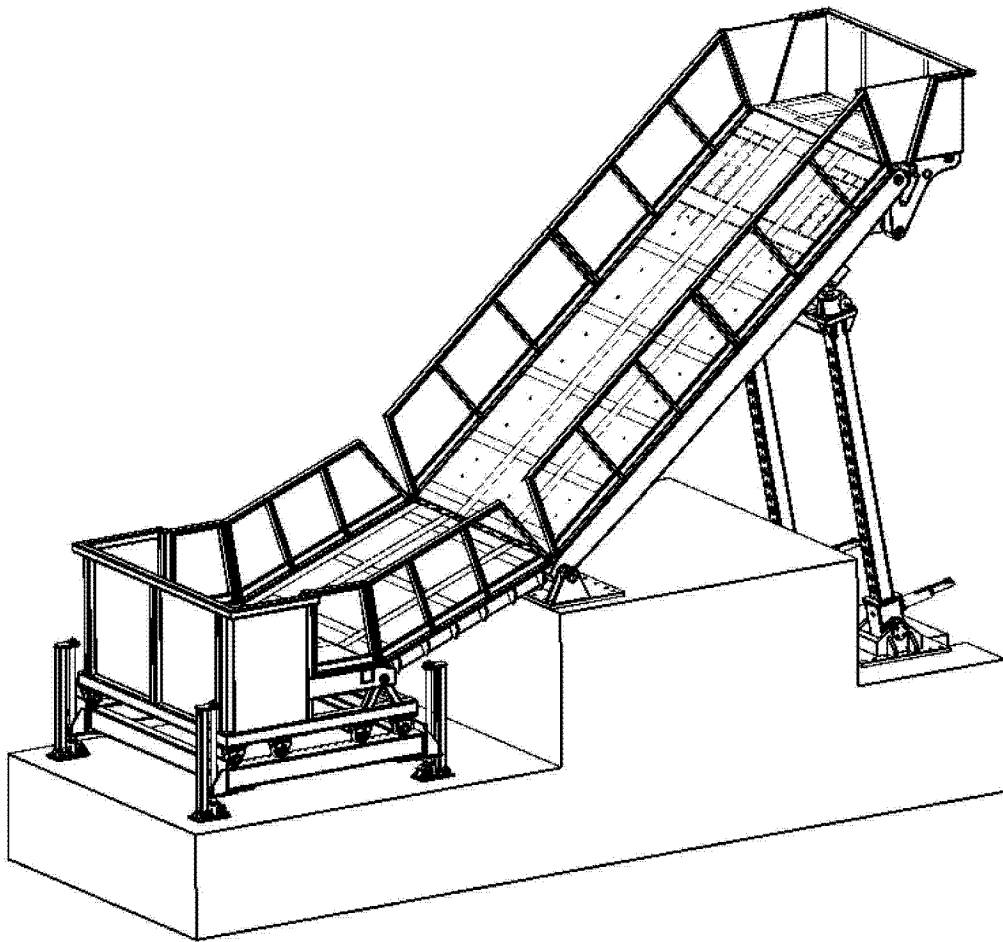


图 1

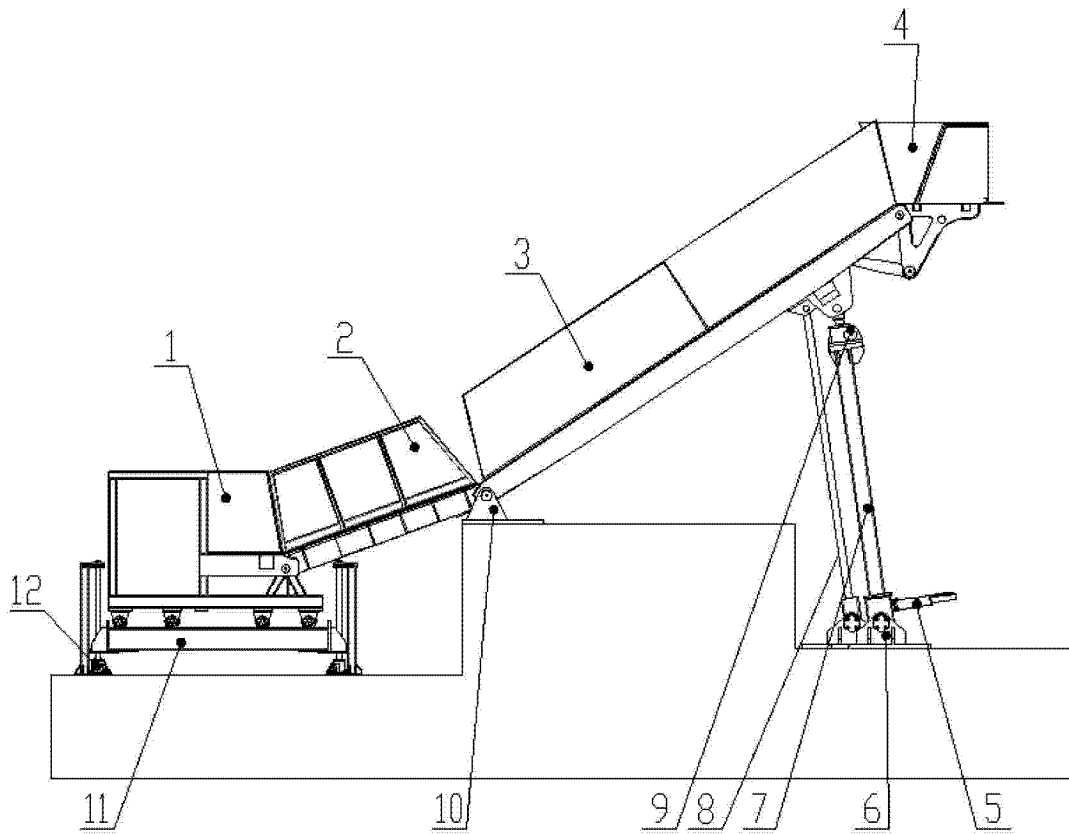


图 2