



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111157699 B

(45) 授权公告日 2021.01.08

(21) 申请号 201911400359.7

审查员 郑瑜

(22) 申请日 2019.12.30

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111157699 A

(43) 申请公布日 2020.05.15

(73) 专利权人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72) 发明人 窦玉喆 国振 王立忠 朱从博

芮圣洁 周文杰 李雨杰

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司

司 33200

代理人 万尾甜 韩介梅

(51) Int. Cl.

G01N 33/24 (2006.01)

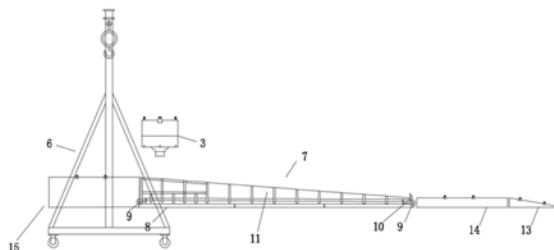
权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

一种基于室内试验的海底滑坡评价方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于室内试验的海底滑坡评价方法,该方法包括结构性软粘土的制备以及室内试验;所述的结构性软粘土的制备可通过向海洋软土中掺入硅酸盐525水泥并加水至土体2倍液限,然后在真空条件下搅拌均匀获得;其中,硅酸盐525水泥的加入量为软土颗粒质量的2%;所述的室内试验基于模拟海底滑坡的新型室内试验装置实现,该装置包括模型箱主体、假坡、漏斗、切土板、传感器支架以及龙门架抬升装置。本发明方法能够实现多个坡角、多工况海底滑坡的试验模拟,该方法还可结合室内大型断面波流水槽,系统的研究由波浪、坡脚冲刷以及快速沉积三者耦合作用对海底滑坡的影响,得到一套系统的评价海底滑坡稳定性的方法。



1. 一种基于室内试验的海底滑坡评价方法,其特征在于,该方法基于大型断面波流水槽以及模拟海底滑坡的新型室内试验装置实现;

所述的新型室内试验装置包括模型箱主体(1)、假坡(2)、漏斗(3)、切土板(4)、传感器支架(5)以及龙门架抬升装置(6),所述的模型箱主体(1)由箱体(7)和底座(8)组成,其中箱体(7)包括位于两端的闸板(10)、侧板(11)和底板(12);箱体(7)的顶部为一斜坡,其前端低于后端;所述的箱体(7)两端还设有转轴(9),后端的转轴(9)可使箱体(7)模拟多角度滑坡,前端的转轴(9)用于在土体固结过程中抬起箱体前端,从而使箱体(7)的顶部处于平面状态,以保证土体强度太低时,不会流出箱体(7),从而完成固结;

所述的假坡(2)包括斜坡段(13)、位于箱体(7)前端的水平段(14)、位于箱体(7)后端的水平段(15)三部分;所述的斜坡段(13)与水平段(14)相接,以达到稳定波浪的目的;水平段(15)的高度与箱体(7)后端高度一致,以平稳反射波,同时也防止波浪在箱体(7)后端产生漩涡;

所述的漏斗(3)包括圆筒段(16)和梯形段(17),所述的梯形段(17)通过螺丝连接到圆筒段(16)的下方;在实验时,龙门架抬升装置(6)将装满结构性软粘土的漏斗(3)整体吊起放于箱体(7)上,然后使结构性软粘土从漏斗(3)中落下,给坡顶加载,以模拟快速沉积效应;

所述的切土板(4)包括顶杆(18)以及切割土体的钢板(19),所述的顶杆(18)一端与位于前端的闸板(10)连接,另一端与钢板(19)连接;且顶杆(18)长度可变,使切土板(4)可沿斜坡不同位置切割开挖土体,模拟斜坡不同程度的坡脚冲刷现象;

所述的传感器支架(5)包括传感器固定装置(20)和传感器保护装置(21);所述的传感器保护装置(21)套在传感器外面,用来保护传感器不受损坏;所述的传感器固定装置(20)用于将传感器固定于底板(12)上;

所述的龙门架抬升装置(6)包括两台龙门架和控制装置,所述的两台龙门架分别布置在箱体(7)的前后两端,通过转轴(9)抬起箱体;所述的控制装置用于控制龙门架的运动,调整龙门架的位置以及抬升高度;

所述的评价方法包括以下步骤:

1) 确定试验比尺

所述的试验比尺的确定是根据现场条件以及实验室设备条件进行确定;试验比尺依据弗洛德数相等的重力相似原则 $Fr = u/\sqrt{gl}$ 确定,几何比尺为 n_L ,波高 H 比尺、波周期 T 比尺及流速 v 比尺如下:

$$n_H = n_L$$

$$n_T = n_L^{0.5}$$

$$n_v = n_L^{0.5}$$

2) 吊装新型室内实验装置

采用龙门吊抬升装置(6)将新型室内试验装置吊装到大型断面波流水槽的指定位置;

3) 定床试验波高率定

为了得到稳定准确的波流条件,正式实验开始前需搭建好定床试验模型;将假坡(2)、模型箱(1)布置在断面波流水槽中指定位置,然后将按照箱体(7)尺寸切割好的刚性板固定

在箱体(7)的斜面上,使其成为一个封闭的刚性体,即可得到定床试验模型;然后对试验所需的波流条件进行率定调试;率定调试完成后将上部刚性板拆掉,为后续填筑结构性软粘土做准备;

4) 结构性软粘土的制备

向海洋软土中掺入硅酸盐525水泥并加水至土体2倍液限,然后在真空条件下搅拌均匀获得;其中,硅酸盐525水泥的加入量为软土颗粒质量的2%;

5) 传感器的标定与布置

对试验所用到的传感器进行标定及布置安装;

6) 结构性软粘土填筑与养护

将结构性软粘土填筑至该箱体(7)中,填筑完成后向断面波流水槽中注水至完全淹没结构性软粘土,使其在水下自重固结2天;

7) 养护完成后开始试验

打开数据采集以及摄像设备,测试结构性软粘土强度,通过龙门架抬升装置调整斜坡角度,施加不同水深、波高、周期的波浪荷载或进行坡脚开挖、快速沉积工况的试验。

2. 根据权利要求1所述的一种基于室内试验的海底滑坡评价方法,其特征在于,在新型室内试验装置中,所述的位于箱体(7)前端的闸板(10)可拆卸;在向箱体(7)中堆填土体时,前端的闸板(10)处于锁死状态,当土体固结完成进行试验时,前端的闸板(10)被提起,防止阻碍斜坡滑动;所述的底座(8)采用井字结构,使箱体(7)的稳定性更高。

3. 根据权利要求1所述的一种基于室内试验的海底滑坡评价方法,其特征在于,所述的侧板(11)采用透明有机玻璃制作,可以清晰的观察到滑坡的破坏过程。

4. 根据权利要求1所述的一种基于室内试验的海底滑坡评价方法,其特征在于,所述的底板(12)采用不锈钢制作且均匀分布有排水孔,可以满足箱体(7)内的土体完成排水固结。

5. 根据权利要求1所述的一种基于室内试验的海底滑坡评价方法,其特征在于,所述的位于箱体(7)前端的水平段(14)和位于箱体(7)后端的水平段(15)均与箱体(7)相接,二者的高度分别与箱体(7)的前端和后端保持一致。

6. 根据权利要求1所述的一种基于室内试验的海底滑坡评价方法,其特征在于,所述的梯形段(17)下边缘斜边的倾斜角度与箱体被抬升的角度相同。

7. 根据权利要求1所述的一种基于室内试验的海底滑坡评价方法,其特征在于,所述的传感器固定装置(20)由扁钢条和空心圆管垂直焊接组成,所述的传感器固定于空心圆管上。

8. 根据权利要求1所述的一种基于室内试验的海底滑坡评价方法,其特征在于,所述的传感器保护装置(21)由3层有机玻璃刻制而成,内嵌滤网(22)和透水石(23);所述的滤网(22)为400目/英寸的ICr18Ni9,所述的透水石(23)的厚度为5mm。

9. 根据权利要求1所述的一种基于室内试验的海底滑坡评价方法,其特征在于,所述的结构性软粘土的制备具体包括以下步骤:首先,将海洋软土以30-40r/min的转速搅拌均匀,然后测定软土含水率,根据软土含水率确定加入水泥和水的质量;然后加水至软土2倍液限,在真空条件下以30-40r/min的转速搅拌3小时,最后加入硅酸盐525水泥,在真空条件下以30-40r/min的转速搅拌1小时得到结构性软粘土。

一种基于室内试验的海底滑坡评价方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一套能够实现多坡角、多工况模拟海底滑坡的试验装置,具体涉及一种基于室内试验的海底滑坡评价方法,适用于海洋工程研究领域。

背景技术

[0002] 众所周知,海洋中石油、天然气等常规能源的蕴藏量十分丰富,据不完全统计,在全世界范围内,海洋石油储量约1450亿吨,占全球石油总储量的34%,其中已探明的储量约为380亿吨;仅在大陆架区域,目前发现的含的油气盆地面积就达到1500万平方千米,已发现800多个含油气盆地,1600多个油气田,天然气地质储量达约140万亿立方米。

[0003] 我国是一个拥有漫长海岸线的海洋大国,海洋资源开发与利用的意识正逐步增强。但是,由于人类对海洋大规模的开发与利用,诸如海底平台、海底管道、电缆等海底工程设施的大量建造与使用以及由外力引起的海底自身环境的剧烈变化,海床本身或者海底构筑物的恶性破坏事件也日益增长,造成大量的经济财产损失和人员伤亡,这使得人类对于海洋地质灾害的研究变得越来越迫切和实用,对于认识海洋地质灾害的重要性也越发凸显。我国是一个典型的沿海大国,东部近海地区与西北太平洋几条大型地震带距离较近,极易受到海底地震的波及而造成损失;而南部中国海域处于大陆坡与海槽区域的交汇地带,这使得这一区域的海水水深变化极大,区域内地形条件(多海槽)与水体流动(洋流)剧烈变化,地质条件复杂多变,极易发生海底地质灾害。所以,对于海底地质灾害的研究应予以高度重视。

[0004] 海底滑坡是海洋地质灾害中的主要形式,随着海底滑坡的发生,大量沉积物可被搬运至很远的距离,这种搬运过程可以对海洋油气工程设施、海底电缆构成严重威胁,海底滑坡也被认为是引起海底输油管道扭曲失效或者切断的重要诱发因素;大规模的海底滑坡还经常性的伴有破坏性极强的海啸发生;海底滑坡的频繁发生,严重威胁着海洋工程结构及海洋相关人员的生命安全。因此,对海底斜坡稳定性及海底滑坡的触发机制的研究已成为当前海洋工程与海洋地质灾害领域的研究热点问题。

[0005] 然而,目前的研究中大多采用理论分析以及数值技术计算,并且室内试验评价方法几乎没有能够同时考虑坡角变化、坡脚冲刷以及快速沉积三者耦合作用对海底滑坡的影响。如申请号为CN108894182A的发明专利提供了一种应用于海底滑坡水槽试验研究的滑坡触发装置及方法,该专利中仅考虑了坡角对斜坡稳定性的影响;申请号为CN207764186U的实用新型专利提供了一种模拟海底滑坡的试验装置,该装置主要研究滑坡触发以后的流滑过程而且其触发因素也是仅考虑了坡角的影响。

发明内容

[0006] 本发明针对现有技术不足,进一步探究海底滑坡的破坏机制。本发明提出了一套能够实现多个坡角、多工况模拟海底滑坡的试验装置。该装置可通过龙门架抬升装置在0-20度范围内实现箱体任意角度的抬升,尤其是该装置可通过可变长度的切土板开挖不同位

置的土体,模拟由斜坡坡脚不同程度的冲刷现象;另外,通过起吊装置将漏斗吊起,对斜坡顶部进行加载,同样可以模拟快速沉积引起的滑坡;同时也可以采用该装置,结合室内水槽试验模拟并评价海底斜坡在波浪荷载作用下的稳定性。与此同时,该评价方法还进行了人工结构性软粘土的制备,结合大型断面波流水槽,系统的研究了波浪荷载、坡脚冲刷以及快速沉积对海底滑坡的影响,从而得到一套由多触发因素诱发的海底滑坡评价方法。

[0007] 本发明采取以下技术方案:

[0008] 一种基于室内试验的海底滑坡评价方法,该方法基于大型断面波流水槽以及模拟海底滑坡的新型室内试验装置实现,可系统的研究由波浪荷载、坡脚冲刷以及快速沉积三者耦合作用对海底滑坡的影响,从而得到一套由多触发因素诱发的海底滑坡评价方法;该试验可通过布设三维地形激光成像系统、多普勒流速计阵列、非接触式波高仪、激光位移计、微型孔压传感器及压力计,监测全过程的水下地形演化、波浪非线性形态与压力、土体孔压与位移场,量测滑坡土体的强度变化;

[0009] 所述的新型室内试验装置模型箱主体,还包括假坡、漏斗、切土板、传感器支架以及龙门架抬升装置;

[0010] 所述的模型箱主体由箱体和底座组成,其中箱体包括位于两端的闸板、侧板和底板;箱体的顶部为一斜坡,其前端低于后端;所述的箱体两端还设有转轴,后端的转轴可使箱体模拟多角度滑坡,前端的转轴用于在土体固结过程中抬起箱体前端,从而使箱体的顶部处于平面状态,以保证土体强度太低时,不会流出箱体,从而更好的完成固结;

[0011] 所述的假坡包括斜坡段、位于箱体前端的水平段、位于箱体后端的水平段三部分,所述的斜坡段与位于箱体前端的水平段相连;位于箱体后端的水平段与箱体后端高度一致;设置水平段与斜坡段均是为了稳定波形,使波浪在上坡之前达到稳定状态;

[0012] 所述的漏斗包括圆筒段和梯形段,所述的梯形段通过螺丝链接到圆筒段的下方;在试验时,通过起吊装置将装满结构性软粘土的漏斗整体吊起放于箱体上,然后使结构性软粘土从漏斗中落下,给坡顶加载,以模拟快速沉积效应;为了使梯形段的斜边与箱体完全贴合,梯形段斜边的角度与箱体抬升的角度完全相同;漏斗的作用:一、撒砂:落雨法制备砂坡;二、模拟斜坡快速沉积效应;

[0013] 所述的切土板包括顶杆以及切割土体的钢板;所述的顶杆一端与位于前端的闸板连接,另一端与钢板连接,且其长度可变;切土板可沿斜坡不同位置切割开挖土体,模拟斜坡不同程度的坡脚冲刷现象;开挖土体时,首先将切割土体的钢板插入土体指定位置处,然后调整顶杆的长度将顶杆顶在模型箱前端的闸板上,最后用铁锹将切割土体挖除;

[0014] 所述的传感器支架包括传感器固定装置和传感器保护装置;传感器支架用于安装传感器,具体的传感器种类可根据需要进行选择,所述的传感器保护装置套在传感器外面,用来保护传感器不受损坏;所述的传感器固定装置用于将传感器固定于底板上;

[0015] 所述的龙门架抬升装置包括两台龙门架和控制装置,所述的两台龙门架分别布置在箱体的两端,用于通过转轴抬起箱体,位于后端的龙门架可实现箱体在0-20度范围内任意角度抬升;位于前端的龙门架用于在土体固结过程中抬起箱体前端;所述的控制装置用于控制龙门架的运动,调整龙门架的位置以及抬升高度。

[0016] 所述的评价方法可同时考虑波浪荷载、坡脚冲刷以及快速沉积对海底滑坡的影响,具体包括如下步骤:

[0017] (1) 确定试验比尺

[0018] 所述的试验比尺的确定是根据现场条件以及实验室设备条件进行确定。试验比尺依据弗洛德数相等的重力相似原则 $Fr = u/\sqrt{gl}$ 确定,几何比尺为 n_L ,波高 H 比尺、波周期 T 比尺及流速 v 比尺如下:

[0019] $n_H = n_L$

[0020] $n_T = n_L^{0.5}$

[0021] $n_v = n_L^{0.5}$

[0022] (2) 吊装新型室内实验装置

[0023] 采用龙门吊抬升装置将新型室内试验装置吊装到大型断面波流水槽的指定位置。

[0024] (3) 定床试验波高率定

[0025] 为了得到稳定准确的波流条件,正式实验开始前需搭建好定床试验模型。将假坡、模型箱等布置在大型断面波流水槽中指定位置,然后将按照箱体尺寸切割好的刚性板固定在箱体的斜面上,使其成为一个封闭的刚性体,即可得到定床试验模型,实现波浪浅水化效应;然后对试验所需的波流条件进行率定调试;率定调试完成后将上部刚性板拆掉,为后续填筑结构性软粘土做准备;

[0026] (4) 结构性软粘土的制备

[0027] 向海洋软土中掺入硅酸盐525水泥并加水至土体2倍液限,然后在真空条件下搅拌均匀获得;其中,硅酸盐525水泥的加入量为软土颗粒质量的2%;

[0028] (5) 传感器的标定与布置

[0029] 对试验所用到的传感器进行标定及布置安装。

[0030] (6) 结构性软土填筑与养护

[0031] 将制备好的结构性软粘土填筑至箱体中,填筑完成后向大型断面波流水槽中注水至完全淹没结构性软粘土,使其在水下自重固结2天,以达到较高的灵敏度。

[0032] (7) 养护完成后开始试验

[0033] 1) 打开数据采集仪以及摄像设备;2) 测定结构性软粘土强度;3) 通过龙门架抬升装置调整斜坡角度;4) 施加不同水深、波高以及周期的波浪荷载或进行坡脚开挖、快速沉积等工况的试验。

[0034] 上述技术方案中,进一步地,在新型室内试验装置中,所述的位于箱体前端的闸板可拆卸;在向箱体中堆填土体时,闸板处于锁死状态,当土体固结完成进行试验时,前端闸板被提起,防止阻碍斜坡滑动;底座采用井字结构,可使箱体稳定性更高。

[0035] 进一步地,所述的侧板采用透明有机玻璃制作,可以清晰的观察到滑坡的破坏过程。

[0036] 进一步地,所述的底板采用不锈钢制作且均匀分布有排水孔,可以满足箱体内的土体完成排水固结。

[0037] 进一步地,所述的两段水平段均与箱体相接,二者的高度分别与箱体的前端和后端保持一致,两段水平段的长度可根据波浪条件进行调节。

[0038] 进一步地,所述的漏斗的梯形段可根据模型斜坡的角度调节尺寸,为了使梯形段与箱体完全贴合,梯形段下边缘的倾斜角度与箱体被抬升的角度完全相同。

[0039] 进一步地,所述的传感器固定装置由扁钢条和空心圆管垂直焊接组成,所述的传

传感器固定于空心圆管上,由于箱体是一个斜坡,故空心圆管的高度需根据放置在箱体的位置确定;为了更方便快捷的固定传感器,将空心圆管沿高度方向切掉1/2,然后根据试验监测的不同位置在空心圆管的不同高度处开螺栓孔,这样可以手动将事先开有螺纹的传感器固定在不同位置的螺栓孔上。

[0040] 进一步地,所述的传感器保护装置由3层有机玻璃刻制而成,内嵌滤网和透水石,传感器的探头外侧为透水石,透水石另一侧为滤网,以防止由于土颗粒过细导致传感器损坏。所述的滤网为400目/英寸的ICr18Ni9,所述的透水石的厚度为5mm。

[0041] 本发明具有以下优点:

[0042] 本发明提出了一种基于室内试验的海底滑坡评价方法,该方法能够实现多个坡角、多工况模拟海底滑坡的试验。本发明方法可通过龙门架抬升装置在0-20度范围内实现箱体任意角度的抬升,尤其是可通过可变长度的切土板开挖不同位置的土体模拟由斜坡坡脚不同程度的冲刷现象;通过起吊装置将装满泥浆的漏斗吊起,对斜坡顶部进行加载,同样可以模拟快速沉积效应引起的滑坡;本发明中的结构性软粘土的制备方法简单,制备得到的土体初始强度低,灵敏度较高,可很好的模拟海底滑坡现象。本发明的基于室内试验的海底滑坡评价方法结合室内大型断面波浪水槽,可系统的研究由波浪、坡脚冲刷以及快速沉积三者耦合对海底滑坡的影响。

附图说明

[0043] 图1是试验装置示意图;

[0044] 图2是模型箱主体与漏斗三维图;

[0045] 图3是模型箱主体三维图;

[0046] 图4是模型箱主体与漏斗主视图;

[0047] 图5是模型箱主体与漏斗俯视图;

[0048] 图6是切土板三维图;

[0049] 图7是切土板与模型箱位置关系图

[0050] 图8是假坡结构图;

[0051] 图9是漏斗以及封板三维图;

[0052] 图10是漏斗以及封板主视图;

[0053] 图11闸板结构图;

[0054] 图12传感器支架;

[0055] 其中,1为模型箱主体、2为假坡、3为漏斗、4为切土板、5为传感器支架、6为龙门架抬升装置、7为箱体、8为底座、9为转轴、10为闸板、11为侧板、12为底板、13为斜坡段、14和15为水平段、16为圆筒段、17为梯形段、18为顶杆、19为切割土体的钢板、20为传感器固定装置、21为传感器保护装置、22为滤网、23为透水石。

具体实施方式

[0056] 一种基于室内试验的海底滑坡评价方法,基于大型断面波流水槽以及模拟海底滑坡的新型室内试验装置实现。所述的新型室内试验装置如图1所示,包括模型箱主体1,假坡2、漏斗3、切土板4、传感器支架5以及龙门架抬升装置6;所述的模型箱主体1由箱体7、底座8

组成,其中箱体7包括闸板10、侧板11、底板12。

[0057] 所述的箱体7两端还设有转轴9,后端的转轴9可使箱体7模拟多角度滑坡,前端的转轴9用于在土体固结过程中抬起箱体前端,从而使箱体7的斜边保持一个平面,以保证土体强度太低时,不会流出箱体7,从而更好的完成固结。所述的假坡2包括斜坡段13和两段水平段14、15三部分。所述的漏斗3包括圆筒段16和梯形段17,梯形段17可根据模型斜坡的角度调节尺寸;所述的切土板4包括顶杆18以及切割土体的钢板19;所述的传感器支架5包括传感器固定装置20和传感器保护装置21。

[0058] 上述假坡2的斜坡段13和水平段14放置于箱体7前端,水平段15位于箱体7后端,所述的水平段14和水平段15的高度分别与箱体7的前端和后端保持一致,水平段14和15的长度可根据具体试验工况进行调节。

[0059] 漏斗3包括圆筒段16和梯形段17。梯形段17通过螺丝链接到圆筒段16的下方。在试验时,通过起吊装置6将装满结构性软粘土的漏斗3整体吊起放于箱体7上,然后使结构性软粘土从漏斗3中落下,给坡顶加载,以模拟快速沉积效应;为了使梯形段17与箱体7完全贴合,梯形段17下边缘的斜边,倾斜角度与箱体被抬升的角度相同。漏斗3的作用:一、撒砂:落雨法制备砂坡;二、模拟斜坡快速沉积效应。

[0060] 所述的切土板4包括顶杆18以及切割土体的钢板19,所述的顶杆18一端与位于前端的闸板10连接,另一端与钢板19连接,且顶杆18长度可变;所述的切土板4通过顶杆18可沿斜坡不同位置切割并开挖土体,用以模拟斜坡不同程度的坡脚冲刷现象。

[0061] 所述的传感器支架5包括传感器固定装置20和传感器保护装置21;所述的传感器固定装置20用于将传感器固定于底板12上;固定装置20由扁钢条和空心圆管垂直焊接组成,由于箱体7顶端是一个斜坡,故空心圆管的高度需根据放置在箱体7的位置确定。为了更方便快捷的固定传感器,将空心圆管沿高度方向切掉1/2,然后根据试验监测的不同位置在空心圆管的不同高度处开螺栓孔,这样可以手动将事先开有螺纹的传感器固定在不同位置的螺栓孔上。同时可根据试验具体工况确定传感器支架5布置位置;所述的传感器保护装置21由3层有机玻璃刻制而成,内嵌400目/英寸的ICr18Nig滤网22和厚度为5mm的透水石23,传感器的探头外侧为透水石23,透水石23另一侧为滤网。传感器保护装置21套在传感器外面,以防止由于土颗粒过细导致传感器损坏。本实施例中采用的传感器包括孔隙传感器、压力传感器、加速度传感器。

[0062] 所述的龙门架抬升装置6的两台龙门吊分别安装在箱体7的前后两端,位于后端的龙门吊可实现箱体在0-20度范围内任意角度抬升,位于前端的龙门吊用于抬起箱7前端可使箱体7的斜边保持一个平面,防止斜坡土体流出。

[0063] 上述的闸板10位于箱体7前端,闸板10可拆卸;在向箱体7中堆填土体时,闸板10处于锁死状态,当土体固结完成进行试验时,前端闸板10被提起,防止阻碍斜坡滑动;底座8位于箱体7的底部,采用井字结构可使箱体7稳定性更高。转轴9位于箱体7两端,箱体7后端转轴9的作用是为了实现箱体7可以模拟多角度滑坡,箱体7前端转轴9则在土体固结过程中使用,抬起箱体前端可使箱体7的斜边保持一个平面,以保证土体不会流出箱体7,从而更好的完成固结。侧板11采用透明有机玻璃制作,可以清晰的观察到滑坡的破坏过程。底板12采用不锈钢制作且均匀分布直径5毫米的排水孔,可以满足箱体7内的土体完成排水固结。

[0064] 所述的结构性软粘土的制备具体包括以下步骤:首先,将天然软土以30-40r/min

的转速搅拌均匀,然后测定软土含水率,根据土体含水率确定加入水泥和水的质量;首先加水至软土2倍液限,在真空条件下以30-40r/min的转速搅拌3小时,然后加入质量为软土颗粒质量2%的硅酸盐525水泥,在真空条件下以30-40r/min的转速搅拌1小时得到结构性软粘土。

[0065] 所述的海底滑坡评价方法结合可同时考虑波浪荷载、坡脚冲刷以及快速沉积对海底滑坡的影响。其具体实施步骤为:

[0066] (1) 确定试验比尺

[0067] 所述的试验比尺的确定是根据现场条件以及实验室设备条件进行确定。试验比尺依据弗洛德数相等的重力相似原则 $Fr = u/\sqrt{gl}$ 确定,几何比尺为 n_L ,波高 H 比尺、波周期 T 比尺及流速 v 比尺如下:

[0068] $n_H = n_L$

[0069] $n_T = n_L^{0.5}$

[0070] $n_v = n_L^{0.5}$

[0071] (2) 吊装该新型实验装置

[0072] 采用龙门吊抬升装置将试验装置吊装到大型断面波流水槽的指定位置。

[0073] (3) 定床试验波高率定

[0074] 为了得到稳定准确的波流条件,正式实验开始前需搭建好定床试验模型。通过将假坡、模型箱等布置在大型断面波浪水槽中指定位置,然后将按照箱体尺寸切割好的刚性板固定在箱体的斜面上,使其成为一个封闭的刚性体,即可得到试验定床模型;然后对试验所需的波流条件进行率定调试;

[0075] (4) 结构性软粘土的制备

[0076] 首先对天然软粘土进行称重,将天然软土以30-40r/min的转速搅拌均匀,然后测定软土含水率,根据土体含水率计算确定加入水泥和水的质量。首先加水至土样的2倍液限,在真空条件下以30-40r/min的转速搅拌3小时,然后加入干软土颗粒质量的2%的硅酸盐525水泥,在真空条件下以30-40r/min的转速搅拌1小时得到结构性软土。

[0077] (5) 传感器的标定与布置

[0078] 对试验所用到的传感器进行标定及布置安装。

[0079] (6) 结构性软土填筑与养护

[0080] 将制备好的结构性软粘土填筑至该新型室内试验装置中,填筑完成后向水槽中注水至完全淹没软粘土,使其在水下自重固结2天,以达到较高的灵敏度。

[0081] (7) 养护完成后开始试验

[0082] 1) 打开数据采集仪以及摄像设备;2) 测定结构性软粘土强度;3) 通过龙门架抬升装置调整斜坡角度;4) 施加不同水深、波高以及周期的波浪荷载或进行坡脚开挖、快速沉积等工况的试验。

[0083] 该评价方法可同时考虑波浪浅水化、坡脚冲刷以及快速沉积三者相互耦合作用对海底滑坡的影响,是一套能够系统地研究多触发因素诱发海底滑坡的评价方法。

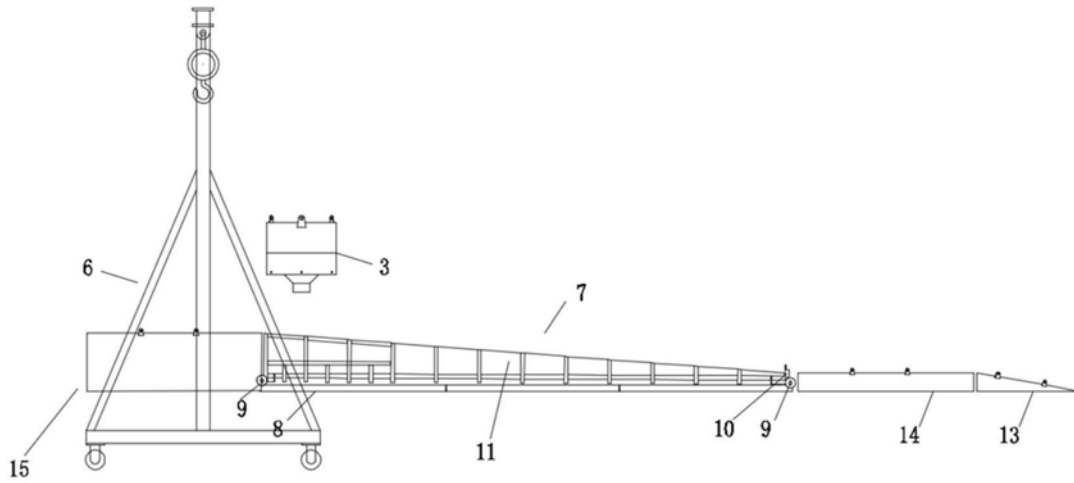


图1

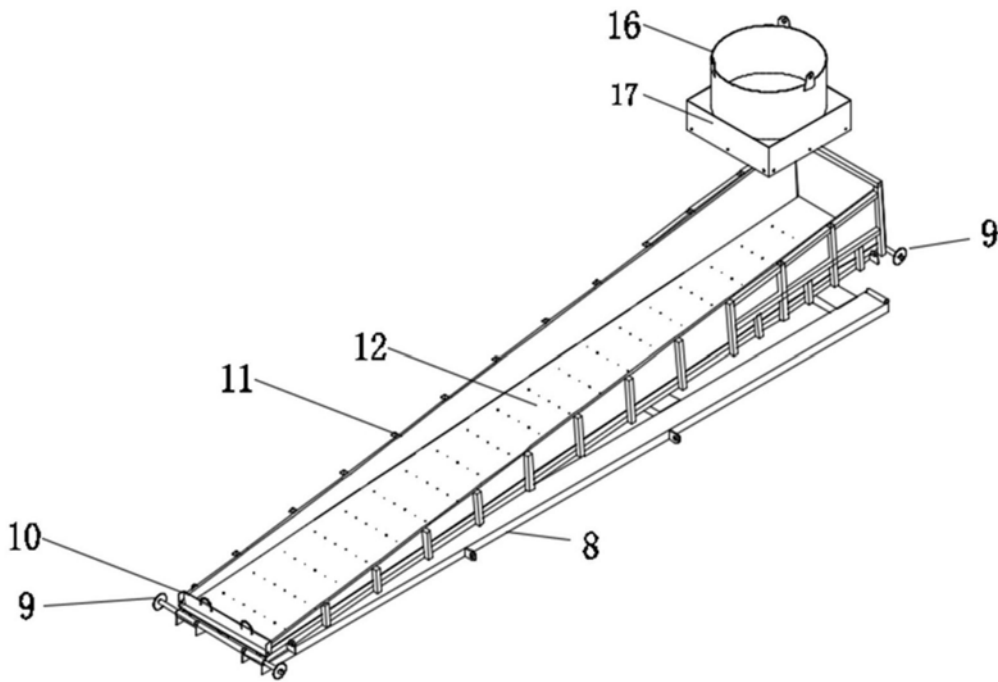


图2

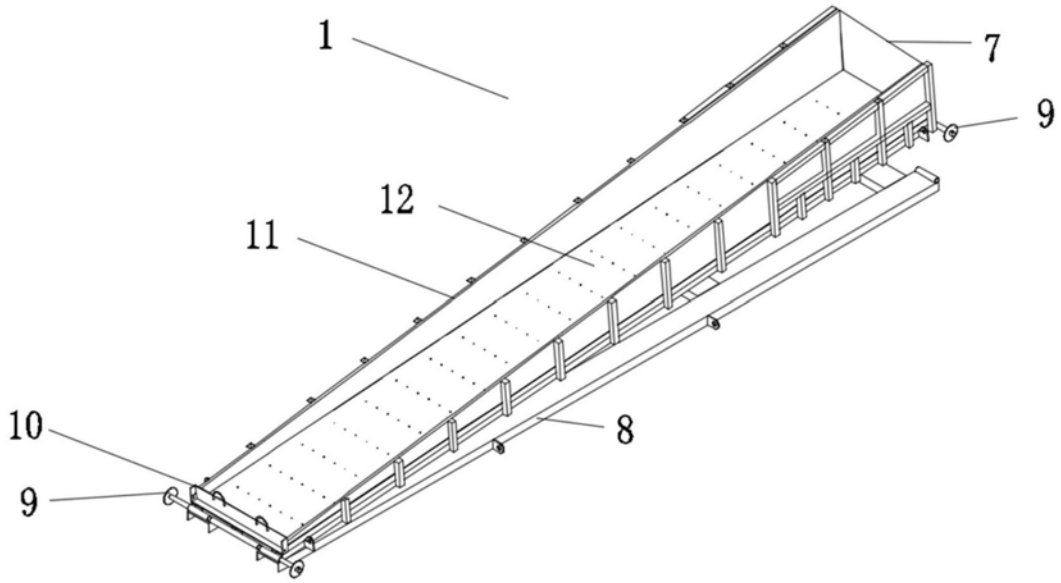


图3

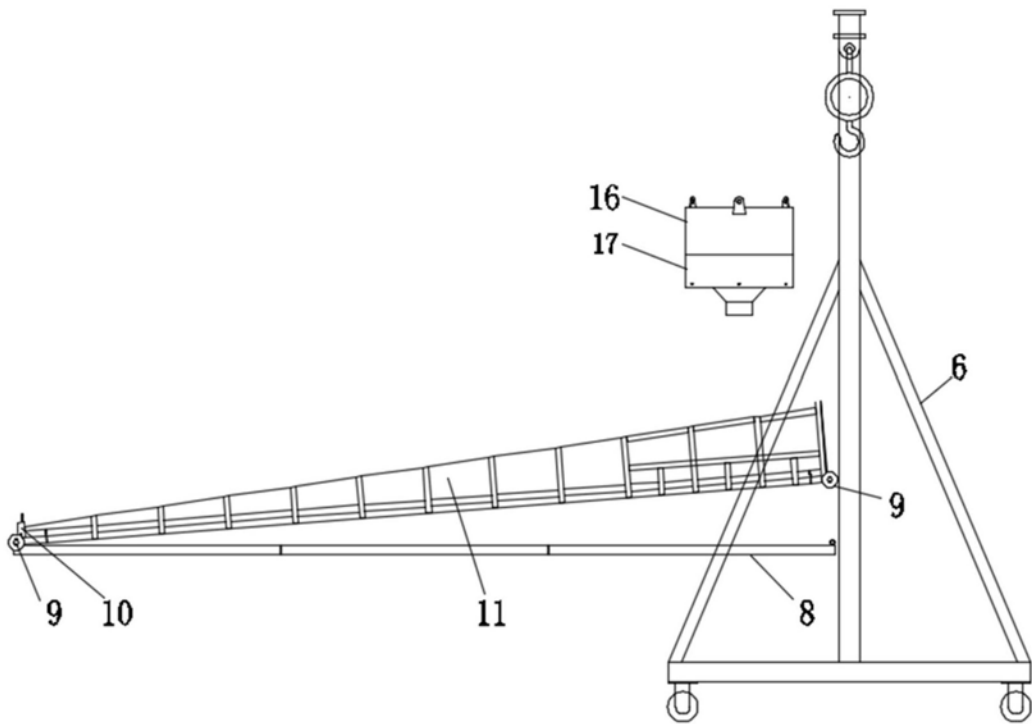


图4

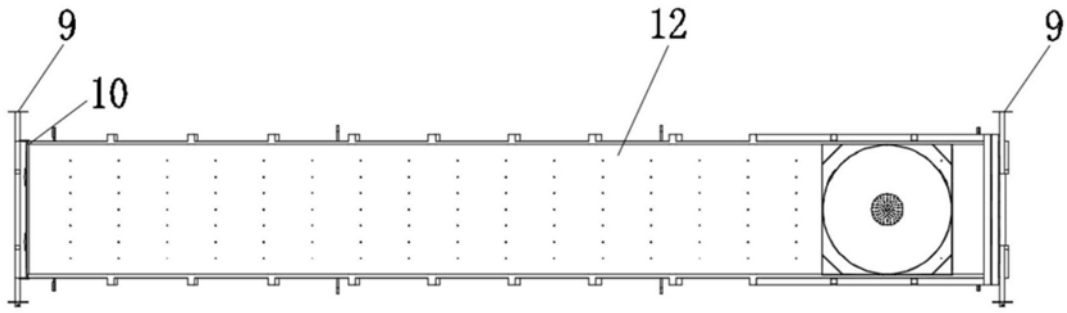


图5

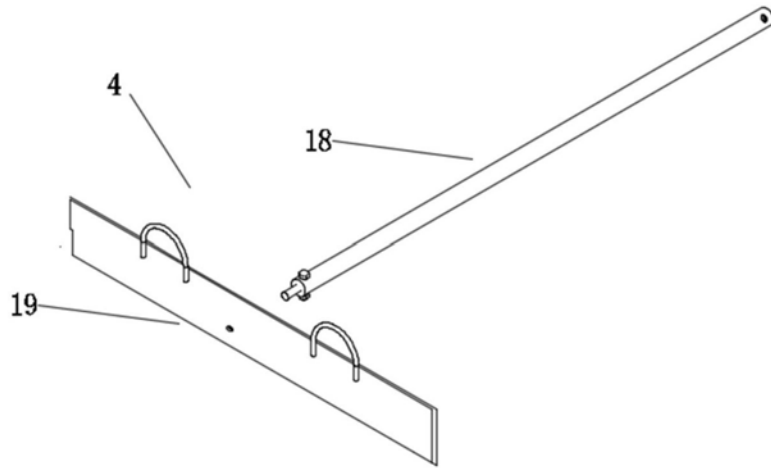


图6

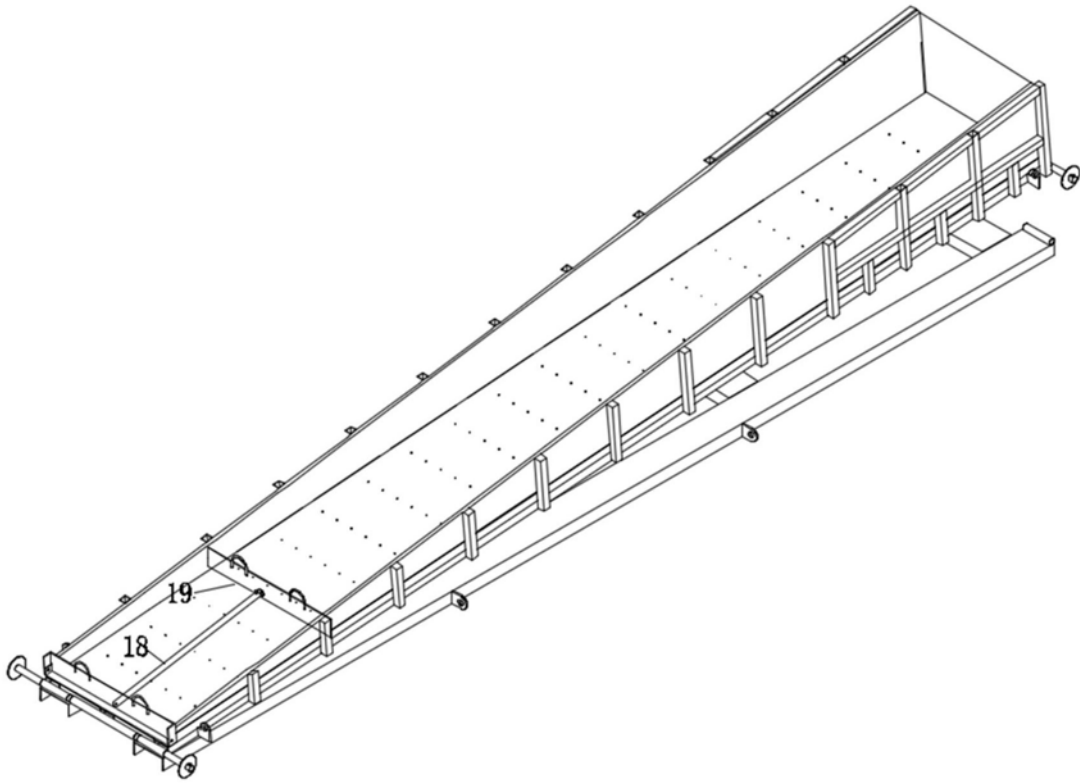


图7

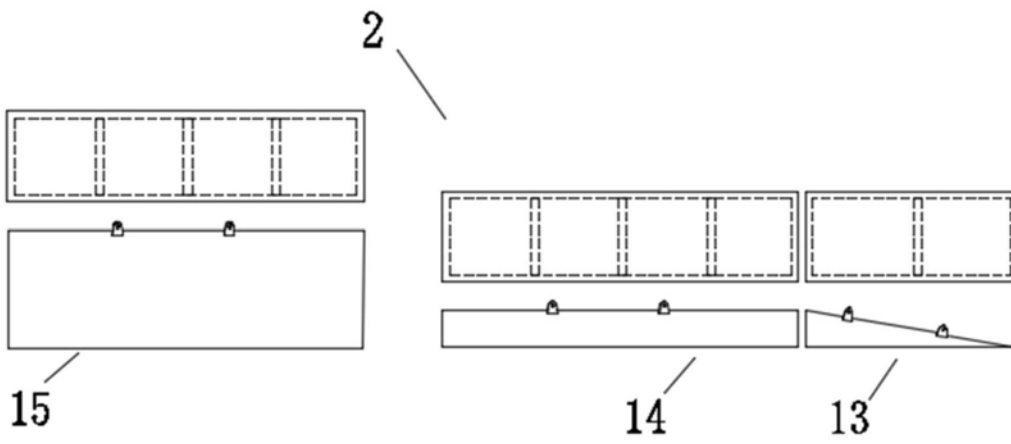


图8

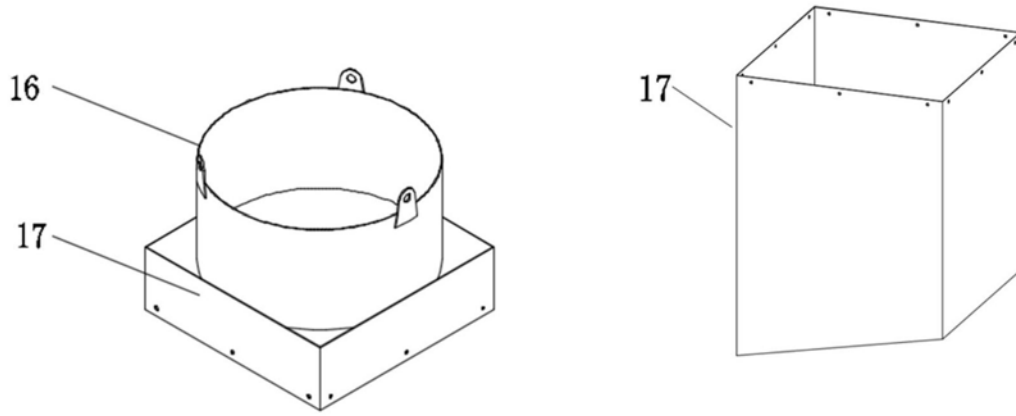


图9

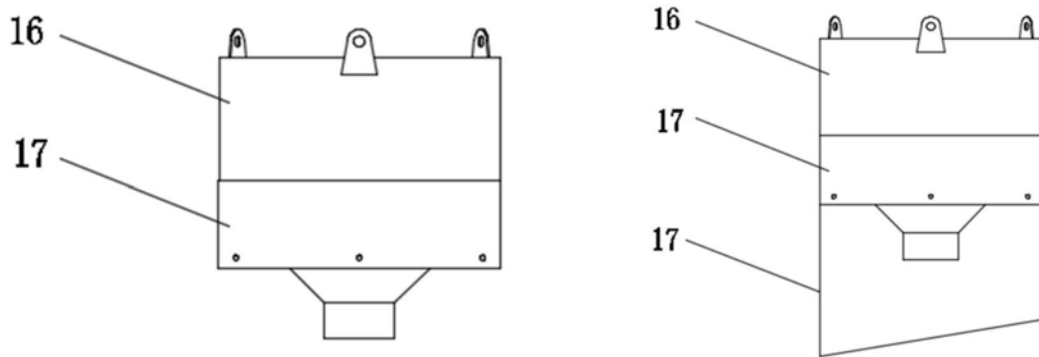


图10

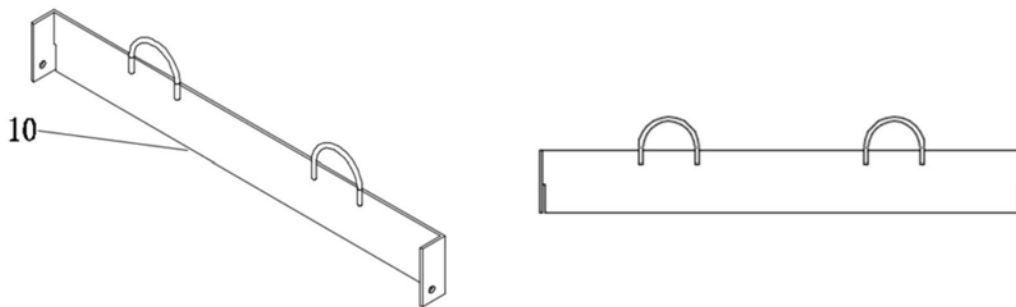


图11

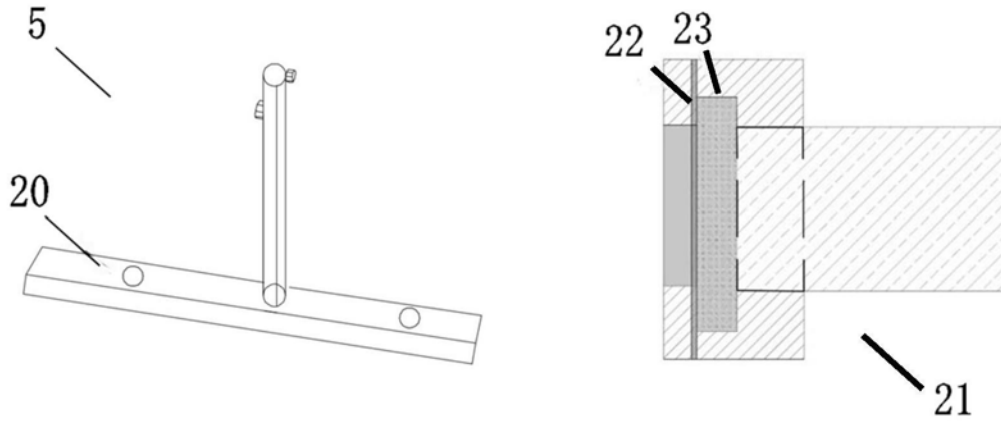


图12