



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103969068 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 06

(21) 申请号 201410145543. 2

(22) 申请日 2014. 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 高福平 汪宁 胡存 臧志鹏

(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 胡剑辉

(51) Int. Cl.
G01M 99/00(2011. 01)

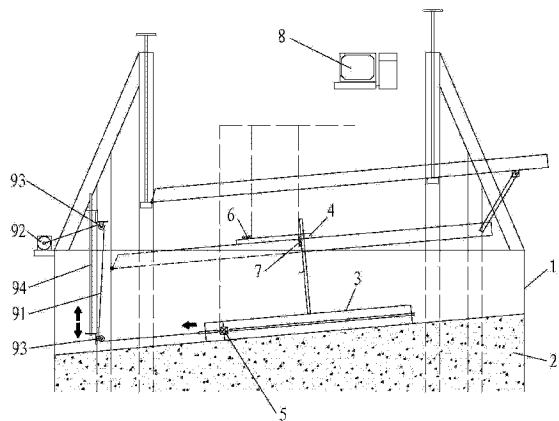
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的方法及装置

(57) 摘要

本发明公开一种模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的方法及装置。其中,该方法包括以下步骤:(1)选一模型管道,根据需要给模型管道配重,然后在模型管道内安装测量其轴向滑动阻力的拉力传感器;(2)选一水槽,在水槽内制造出所需坡度的模拟海床;(3)给模型管道安装导向约束装置,使模型管道只能在其轴向及垂直模拟海床床面方向平动,同时在导向约束装置上安装测量模型管道在其轴向及垂直模拟海床床面方向位移的位移测量装置,然后将模型管道置于模拟海床上;(4)对模型管道轴向加载,使模型管道轴向滑动,同时,用数据同步采集系统同步采集各测量数据。本发明为实现对海底管道和海床间轴向相互作用的研究提供了一种较为理想的手段。



1. 一种模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的方法,其特征在于包括以下步骤:(1)选一模型管道,根据需要给模型管道配重,然后在模型管道内安装测量其轴向滑动阻力的拉力传感器,并在模型管道表面固定所需粗糙度的防水砂纸;(2)选一水槽,然后在水槽内制造出所需坡度的模拟海床;(3)给模型管道安装导向约束装置,使模型管道只能在模型管道轴向及垂直模拟海床床面方向平动,同时在导向约束装置上安装测量模型管道沿其轴向及垂直模拟海床床面方向位移的位移测量装置,然后将模型管道置于水槽内的模拟海床上;(4)沿模型管道轴向对模型管道加载,使模型管道轴向滑动,同时,用数据同步采集系统同步采集模型管道的轴向位移值、模型管道在垂直模拟海床床面方向上的位移值和模型管道轴向滑动阻力值。

2. 一种模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的装置,其特征在于:包括水槽、模拟海床、模型管道、导向约束装置、管道轴向加载装置、管道轴向位移测量装置、管道沉降测量装置、管道轴向滑动阻力测量装置和数据同步采集系统,所述模拟海床位于水槽内,所述模型管道置于模拟海床上,所述导向约束装置用于将模型管道的运动约束在模型管道轴向及垂直模拟海床床面方向,所述管道轴向加载装置用于对模型管道轴向牵引,管道轴向位移测量装置、管道沉降测量装置和管道轴向滑动阻力测量装置均与数据同步采集系统连接,数据同步采集系统用于同步采集模型管道的轴向位移值、模型管道在垂直模拟海床床面方向上的位移值和模型管道轴向滑动阻力值。

3. 根据权利要求2所述的模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的装置,其特征在于:所述模型管道由彼此分离的牵引管头和管道测试段活动拼接而成,所述管道轴向滑动阻力测量装置为拉力传感器,所述拉力传感器置于模型管道内,且位于牵引管头和管道测试段之间,拉力传感器的两端分别与牵引管头和管道测试段连接。

4. 根据权利要求2所述的模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的装置,其特征在于:所述导向约束装置包括安装平台,水平导轨、水平滑块、竖直导轨、竖直滑块和固定连接件,所述安装平台固定设置且其倾角可调,所述水平导轨固定在安装平台上,所述水平滑块滑动地设置在水平导轨上,所述竖直导轨固定在水平滑块上,所述竖直滑块滑动地设置在竖直导轨上,且竖直滑块通过固定连接件与模型管道固定连接。

5. 根据权利要求2所述的模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的装置,其特征在于:所述管道轴向加载装置包括钢索、定滑轮组和可调速步进电机,所述钢索绕过定滑轮组,钢索的一端与可调速步进电机的动力输出部分连接,钢索的另一端与模型管道的牵引管头连接。

6. 根据权利要求2所述的模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的装置,其特征在于:所述管道轴向位移测量装置包括第一激光位移传感器和第一反射板,所述第一激光位移传感器固定在安装平台上,所述第一反射板固定在水平滑块上,第一激光位移传感器和第一反射板正对。

7. 根据权利要求2所述的模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的装置,其特征在于:所述管道沉降测量装置包括第二激光位移传感器和第二反射板,所述第二激光位移传感器固定在竖直导轨上,第二反射板固定在竖直滑块上,第二激光位移传感器和第二反射板正对。

8. 根据权利要求3所述的模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的装置,其特征

在于：所述管道测试段的中心设置有管轴，所述管轴为不锈钢螺杆，所述管轴上旋合有盘形配重。

9. 根据权利要求 2 所述的模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的装置，其特征在于：所述模型管道由有机玻璃制成。

10. 根据权利要求 2 所述的模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的装置，其特征在于：所述模型管道的表面固定有砂纸。

模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及海洋油气工程、海洋土力学、海底管道工程等技术领域，特别涉及模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的方法及装置。

背景技术

[0002] 海底管道和海底光缆等管系结构已被广泛用于海洋油气输运及通讯信号传输。如何确保海底管系结构的在位稳定性是海洋工程设计和安全运营面临的关键问题。对于在水平海床上铺设的海底管道而言，侧向和垂向管土相互作用是管道在位稳定性的主要内涵，国际上已进行了较为系统深入的研究。然而，海床地形地貌复杂多变，我国南海海域分布着大陆坡斜坡海床及深水盆地。海床地表坡度的存在对海底管系结构的在位稳定性分析设计提出了更高要求。顺坡铺设的海底管道当受到水下重力作用时，可引起轴向整体屈曲等结构失稳问题。

[0003] 对于斜坡铺设的海底管系结构而言，海床土体提供的轴向抗滑力是保证管道轴向稳定的关键因素。当轴向抗滑力不足以平衡管道轴向外力时，长距离铺设的海底管道的结构内力将沿管轴进行传递并累积，最终导致管道因轴向压力过大而发生整体屈曲，甚至发生断裂而造成经济损失和环境污染。

[0004] 抗滑力的大小与多种因素有关：根据经典摩擦理论，抗滑力的大小与管道的水下重量、管道嵌入床面的深度以及表面的粗糙系数正相关。而对于低渗透系数的海床，当管道沿轴向快速运动时，产生的孔隙水压力消散不及，将减小管道与土颗粒之间的有效接触应力，从而降低管道的抗滑能力。

[0005] 可见，针对海底管道和海床间轴向相互作用的研究对于管道结构稳定性具有重要意义。

发明内容

[0006] 为对海底管道和海床间轴向相互作用的研究，本发明提供一种模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的方法及装置。

[0007] 为了实现上述目的，本发明的技术方案如下：

[0008] 一种模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的方法，其包括以下步骤：(1) 选一模型管道，根据需要给模型管道配重，然后在模型管道上安装测量其轴向滑动阻力的拉力传感器，并在模型管道表面固定所需粗糙度的防水砂纸；(2) 选一水槽，然后在水槽内制造出所需坡度的模拟海床；(3) 给模型管道安装导向约束装置，使模型管道只能在模型管道轴向及垂直模拟海床床面方向平动，同时在导向约束装置上安装测量模型管道沿其轴向及垂直模拟海床床面方向位移的位移测量装置，然后将模型管道置于水槽内的模拟海床上；(4) 沿模型管道轴向对模型管道加载，使模型管道轴向滑动，同时，用数据同步采集系统同步采集模型管道的轴向位移值、模型管道在垂直模拟海床床面方向上的位移值和模型管道轴向滑动阻力值。

[0009] 一种模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的装置,其包括水槽、模拟海床、模型管道、导向约束装置、管道轴向加载装置、管道轴向位移测量装置、管道沉降测量装置、管道轴向滑动阻力测量装置和数据同步采集系统,所述模拟海床位于水槽内,所述模型管道置于模拟海床上,所述导向约束装置用于将模型管道的运动约束在模型管道轴向及垂直模拟海床床面方向,所述管道轴向加载装置用于对模型管道轴向牵引,管道轴向位移测量装置、管道沉降测量装置和管道轴向滑动阻力测量装置均与数据同步采集系统连接,数据同步采集系统用于同步采集模型管道的轴向位移值、模型管道在垂直模拟海床床面方向上的位移值和模型管道轴向滑动阻力值。

[0010] 优选地,所述模型管道由彼此分离的牵引管头和管道测试段活动拼接而成,所述管道轴向滑动阻力测量装置为拉力传感器,所述拉力传感器置于模型管道内,且位于牵引管头和管道测试段之间,拉力传感器的两端分别与牵引管头和管道测试段连接。

[0011] 优选地,所述导向约束装置包括安装平台,水平导轨、水平滑块、竖直导轨、竖直滑块和固定连接件,所述安装平台固定设置且其倾角可调,所述水平导轨固定在安装平台上,所述水平滑块滑动地设置在水平导轨上,所述竖直导轨固定在水平滑块上,所述竖直滑块滑动地设置在竖直导轨上,且竖直滑块通过固定连接件与模型管道固定连接。

[0012] 优选地,所述管道轴向加载装置包括钢索、定滑轮组和可调速步进电机,所述钢索绕过定滑轮组,钢索的一端与可调速步进电机的动力输出部分连接,钢索的另一端与模型管道的牵引管头连接。

[0013] 优选地,所述管道轴向位移测量装置包括第一激光位移传感器和第一反射板,所述第一激光位移传感器固定在安装平台上,所述第一反射板固定在水平滑块上,第一激光位移传感器和第一反射板正对。

[0014] 优选地,所述管道沉降测量装置包括第二激光位移传感器和第二反射板,所述第二激光位移传感器固定在竖直导轨上,第二反射板固定在竖直滑块上,第二激光位移传感器和第二反射板正对。

[0015] 优选地,所述管道测试段的中心设置有管轴,所述管轴为不锈钢螺杆,所述管轴上旋合有盘形配重。

[0016] 优选地,所述盘形配重上设有供棒形配重穿过的孔,管轴上固定有用于限制棒形配重位置的隔板。

[0017] 优选地,所述模型管道由有机玻璃制成。

[0018] 优选地,所述水槽的侧壁上设有观察窗。

[0019] 优选地,所述盘形配重和隔板的边缘均设置有贯通各自两侧的凹槽。

[0020] 可选地,所述模型管道的表面固定有防水砂纸。

[0021] 本发明为对海底管道和海床间轴向相互作用的研究提供了一种手段,利用导向约束装置将模型管道的运动约束在其轴向及垂直模拟海床床面方向,可避免模型管道侧向滚动或平动对测量过程和结果造成不利影响;利用数据同步采集系统对各参数同步采集,可有效建立所采集数据的对应性,为准确分析各参数间的关系提供了保障。进一步地,采用由彼此分离的牵引管头和管道测试段活动拼接成的模型管道,可有效避免端部效应对模型管道轴向滑动阻力测量值的干扰;通过在导向约束装置上安装非接触式的管道轴向位移测量装置和管道沉降测量装置,不仅可以准确地测量模型管道在模型管道轴向及垂直模

拟海床床面方向的位移,而且最大限度降低了测量对运动过程的干扰;通过调节配重,可方便地调节模型管道的重量和重心,为模拟实验提供了便利;通过在模型管道外表面固定不同粒度的防水砂纸,即可方便地改变模型管道的表面粗糙度,为模拟实验提供了便利;通过在盘形配重和隔板的边缘设置贯通各自两侧的凹槽,使模型管道在入水和出水时可以迅速进水和排水,便于模拟实验的进行。

附图说明

[0022] 图 1 是本发明实施例的模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的装置的整体布置示意图;

[0023] 图 2 是本发明实施例采用的模型管道的内部结构示意图;

[0024] 图 3 是图 2 在 A-A 处的剖视示意图;

[0025] 图 4 是图 2 在 B-B 处的剖视示意图;

[0026] 图 5 是本发明实施例采用的模型管道在牵引管头与管道测试段拼接处的结构示意图;

[0027] 图 6 是本发明实施例采用的模型管道、导向约束装置及位移传感器在安装后的主视示意图;

[0028] 图 7 是图 6 所示结构的右视示意图;

[0029] 图中:1、水槽;2、模拟海床;3、模型管道;31、牵引管头;32、管道测试段;33、管轴;34、盘形配重;35、棒形配重;36、隔板;4、导向约束装置;41、滑轨;42、安装平台;43、水平导轨;44、水平滑块;45、竖直导轨;46、竖直滑块;47、固定连接件;5、拉力传感器;6、管道轴向位移测量装置;61、第一激光位移传感器;62、第一反射板;7、管道沉降测量装置;71、第二激光位移传感器;72、第二反射板;8、数据同步采集系统;91、钢索;92、可调速步进电机;93、定滑轮;94、螺杆。

具体实施方式

[0030] 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。

[0031] 参照图 1~7,本实施例的模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的方法,其包括以下步骤:(1)用彼此分离的牵引管头 31 和管道测试段 32 活动拼接成模型管道 3,根据需要给模型管道 3 配重,然后在模型管道 3 内安装测量其轴向滑动阻力的拉力传感器 5,并在模型管道 3 表面固定所需粗糙度的防水砂纸;(2)在透明或侧壁具有观察窗的水槽 1 内制造出模拟海床 2;(3)给模型管道 3 安装导向约束装置 4,使模型管道 3 只能在模型管道轴向及垂直模拟海床床面方向平动,同时在导向约束装置 4 上安装测量模型管道在其轴向位移的管道轴向位移测量装置 6 和在垂直模拟海床床面方向位移的管道沉降测量装置 7,然后将模型管道 3 置于水槽内的模拟海床 2 上;(4)沿模型管道 3 轴向对模型管道 3 加载,使模型管道 3 轴向滑动,同时,用数据同步采集系统 8 同步采集模型管道 3 的轴向位移值、模型管道 3 在垂直模拟海床床面方向上的位移值和模型管道轴向滑动阻力值。

[0032] 优选地,在步骤(4)开始前,旋紧牵引管头 31,以增大牵引管头 31 与管道测试段 32 之间的压力,使拉力传感器 5 的示数略大于零。

- [0033] 进一步地,在步骤(4)进行的同时,还可从水槽侧壁外拍摄模型管道的运动过程。
- [0034] 进一步地,在模型管道 3 滑动需要的距离后,停止加载,此时即完成一次加载、测量;然后,使模型管道 3 回到原位,接着重复步骤(4),如此反复,直至测得的模型管道轴向滑动阻力值与管道沉降深度值的关系随加载次数不发生显著变化为止。
- [0035] 为实现上述方法,对应地,一种模拟海底管系结构与海床土体轴向相互作用的装置包括水槽 1、模拟海床 2、模型管道 3、导向约束装置 4、管道轴向加载装置(即拉力传感器 5)、管道轴向位移测量装置 6、管道沉降测量装置 7、管道轴向滑动阻力测量装置和数据同步采集系统 8,模拟海床 2 位于水槽内,模型管道 3 置于模拟海床 2 上,导向约束装置 4 用于将模型管道 3 的运动约束在模型管道轴向及垂直模拟海床床面方向,管道轴向加载装置用于对模型管道 3 轴向牵引,管道轴向位移测量装置 6、管道沉降测量装置 7 和管道轴向滑动阻力测量装置均与数据同步采集系统 8 连接,数据同步采集系统 8 用于同步采集模型管道 3 的轴向位移值、模型管道 3 在垂直模拟海床床面方向上的位移值和模型管道轴向滑动阻力值。
- [0036] 为避免端部效应对模型管道轴向滑动阻力测量值的干扰,模型管道 3 由彼此分离的牵引管头 31 和管道测试段 32 活动拼接而成,所述管道轴向滑动阻力测量装置为拉力传感器 5,拉力传感器 5 置于模型管道 3 内,且位于牵引管头 31 和管道测试段 32 之间,拉力传感器 5 的两端分别与牵引管头 31 和管道测试段 32 连接。
- [0037] 优选地,导向约束装置 4 包括安装平台 42,水平导轨 43、水平滑块 44、竖直导轨 45、竖直滑块 46 和固定连接件 47,安装平台 42 固定设置且其倾角可调,水平导轨 43 固定在安装平台 42 上,水平滑块 44 滑动地设置在水平导轨 43 上,竖直导轨 45 固定在水平滑块 44 上,竖直滑块 46 滑动地设置在竖直导轨 45 上,且竖直滑块 46 通过固定连接件 47 与模型管道 3 固定连接。
- [0038] 可选地,安装平台 42 固定在倾角可调的滑轨 41 上,从而通过调节使安装平台 42 及水平导轨 43 始终与模拟海床 2 的床面平行;可选地,导向约束装置 4 不采用安装平台 42,而直接采用倾角可调的水平导轨 43,同时将第一激光位移传感器 61 固定在水平导轨 43 上。
- [0039] 优选地,所述管道轴向加载装置包括钢索 91、定滑轮组和可调速步进电机 92,钢索 91 绕过定滑轮组,钢索 91 的一端与可调速步进电机 92 的动力输出部分连接,钢索 91 的另一端与模型管道 3 的牵引管头 31 连接。本实例中,滑轮组由两个定滑轮 93 组成,为便于调节两定滑轮 93 间的距离,使钢索 91 在拉紧时始终与管轴 33 共线,两定滑轮 93 的安装座通过丝杠 94 连接,转动丝杠,即可实现两定滑轮 93 间的距离的调节。
- [0040] 优选地,管道轴向位移测量装置 6 包括第一激光位移传感器 61 和第一反射板 62,第一激光位移传感器 61 固定在安装平台 42 上,第一反射板 62 固定在水平滑块 44 上,第一激光位移传感器 61 和第一反射板 62 正对。
- [0041] 优选地,管道沉降测量装置 7 包括第二激光位移传感器 71 和第二反射板 72,第二激光位移传感器 71 固定在竖直导轨 45 上,第二反射板 72 固定在竖直滑块 46 上,第二激光位移传感器 71 和第二反射板 72 正对。
- [0042] 为便于调节模型管道的重量和重心,优选地,管道测试段 32 的中心设置有管轴 33,管轴 33 为不锈钢螺杆,管轴 33 上旋合有盘形配重 34。
- [0043] 进一步地,盘形配重 34 上设有供棒形配重 35 穿过的孔,管轴 33 上固定有用于限

制棒形配重 35 位置的隔板 36。

[0044] 为便于安装和观察其内部部件,优选地,模型管道 3 由有机玻璃制成。

[0045] 为便于观察和拍摄模型管道 3 的运行过程,优选地,水槽 1 的侧壁上设有观察窗。

[0046] 为使模型管道 3 在入水和出水时能迅速进水和排水,便于模拟实验的进行,优选地,盘形配重 34 和隔板 36 的边缘设置有贯通各自两侧的凹槽。

[0047] 可选地,根据模拟实验对模型管道表面粗糙度的要求,在模型管道 3 的表面固定相应粗糙度的防水砂纸。

[0048] 由上可知,本发明为实现对海底管道和海床间轴向相互作用的研究提供了一种手段,利用导向约束装置将模型管道的运动约束在其轴向及垂直模拟海床床面方向,可避免模型管道侧向滚动或平动对测量过程和结果造成不利影响;利用数据同步采集系统对各参数同步采集,可有效建立所采集数据的对应性,为准确分析各参数间的关系提供了保障。进一步地,采用由彼此分离的牵引管头和管道测试段活动拼接成的模型管道,可有效避免端部效应对模型管道轴向滑动阻力测量值的干扰;通过在导向约束装置上安装非接触式的管道轴向位移测量装置和管道沉降测量装置,不仅可以准确地测量模型管道在模型管道轴向及垂直模拟海床床面方向的位移,而且最大限度降低了测量对运动过程的干扰;通过调节配重,可方便地调节模型管道的重量和重心,为模拟实验提供了便利;通过在模型管道外表面固定不同粒度的砂纸,即可方便地改变模型管道的表面粗糙度,为模拟实验提供了便利;通过在盘形配重和隔板的边缘均设置贯通各自两侧的凹槽,使模型管道在入水和出水时可以迅速进水和排水,便于模拟实验的进行。

[0049] 综上,本发明具有测量准确、调节方便的优点,是研究海底管道和海床间轴向相互作用的一种较为理想的手段。

[0050] 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。

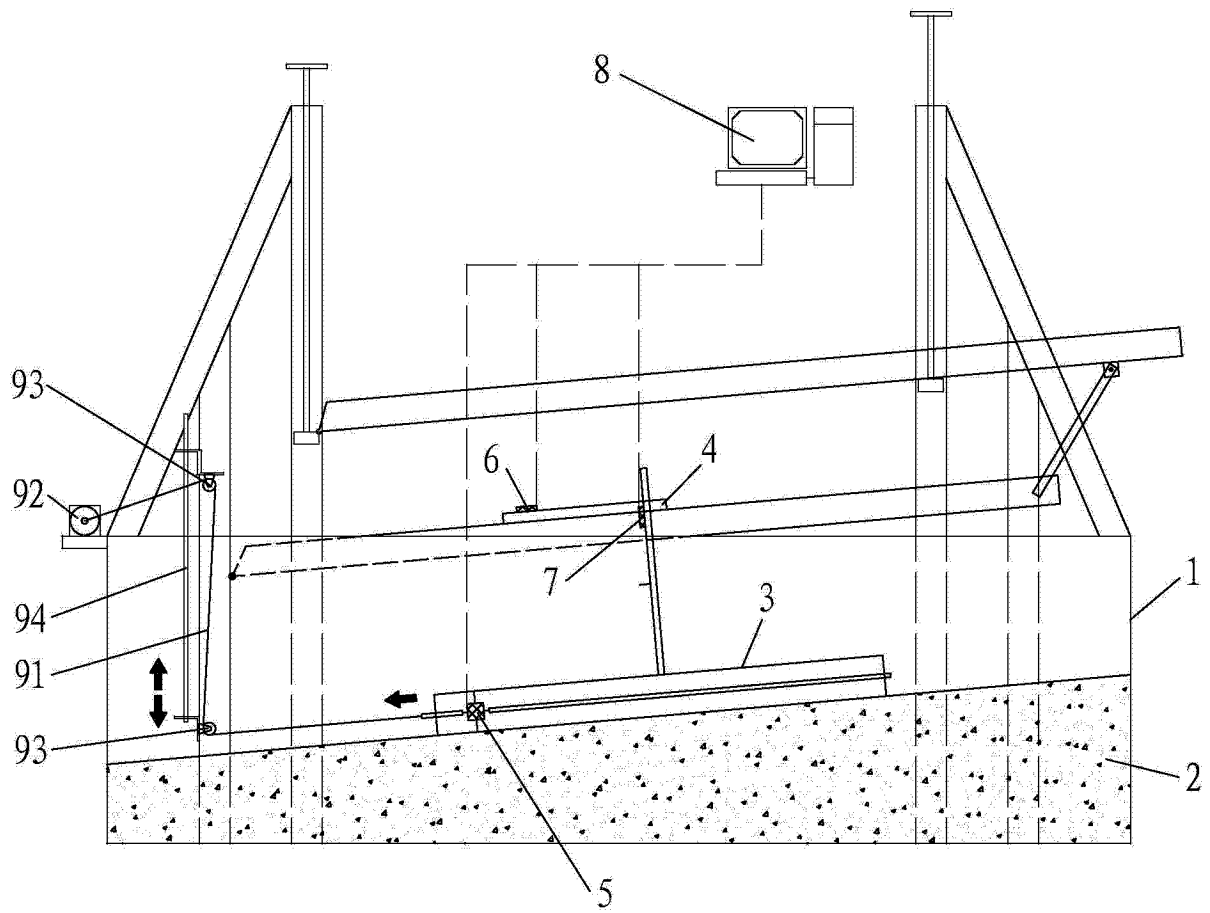


图 1

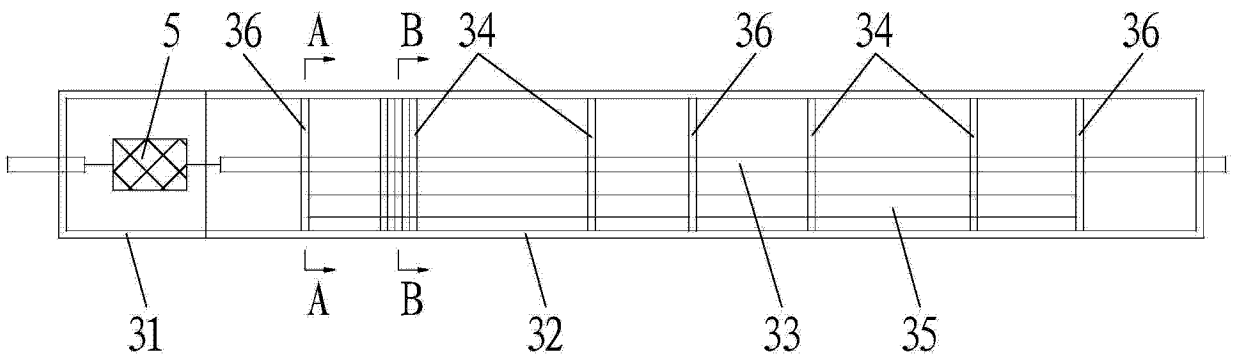


图 2

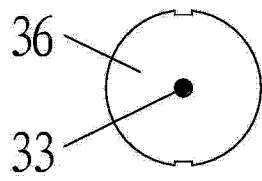


图 3

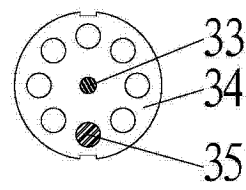


图 4

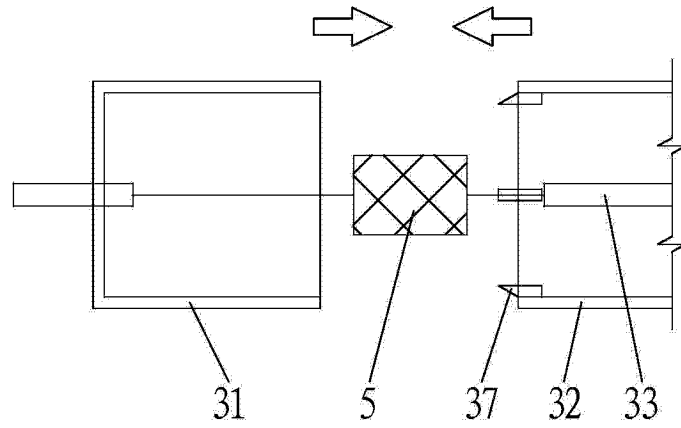


图 5

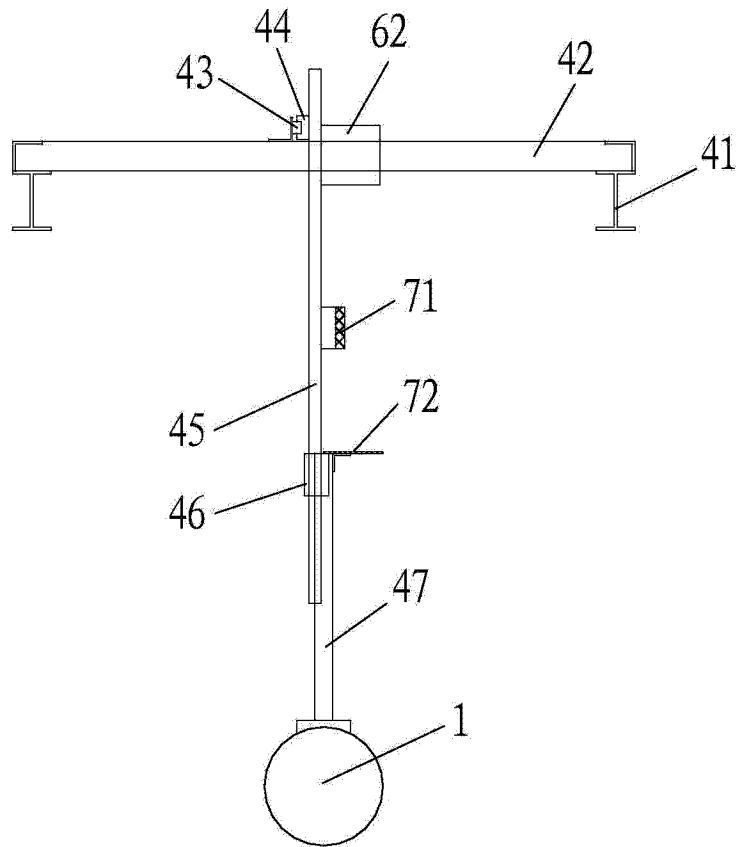


图 6

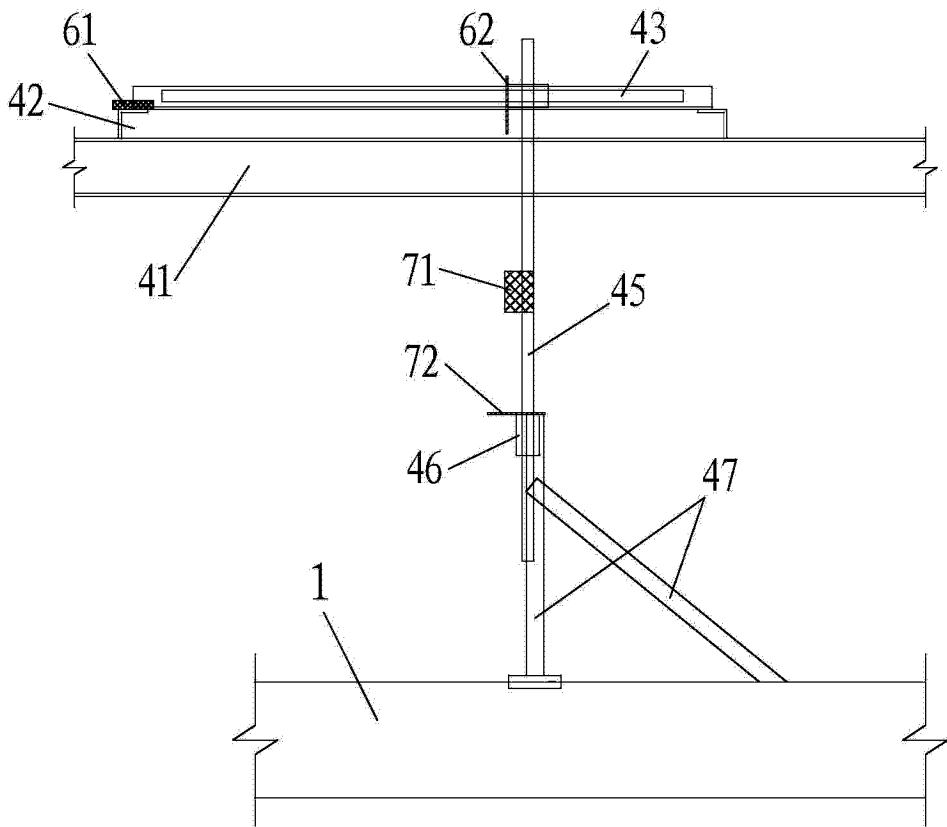


图 7