

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01M 19/00 (2006.01)

G01B 11/00 (2006.01)

F17D 5/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200810056643.2

[45] 授权公告日 2009年12月2日

[11] 授权公告号 CN 100565169C

[22] 申请日 2008.1.23

[21] 申请号 200810056643.2

[73] 专利权人 中国科学院力学研究所

地址 100080 北京市海淀区北四环西路15号

[72] 发明人 高福平 闫术明 吴应湘 赵波
雒承才

[56] 参考文献

CN1749624A 2006.3.22

US6463801B1 2002.10.15

Ocean Currents – Induced Pipeline Lateral Stability on Sandy Seabed. Fu. Ping Gao 等. JOURNAL OF ENGINEERING MECHANICS, Vol. 133 No. 10. 2007

考虑波—管—土耦合作用的海底管道在位稳定性分析方法. 高福平等. 海洋工程, 第23卷第1期. 2005

砂质海底管土相互作用的数值模拟. 任艳荣等. 中国海洋平台, 第21卷第3期. 2006

水动力作用下管道稳定性的试验研究. 高福平等. 海洋工程, 第19卷第2期. 2001

审查员 褚鹏蛟

[74] 专利代理机构 北京中创阳光知识产权代理有限公司

代理人 尹振启

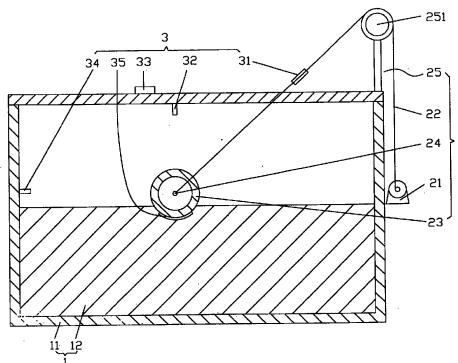
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

[54] 发明名称

检测海底直铺管道侧向稳定性的模拟方法及其模拟装置

[57] 摘要

本发明公开了一种检测海底直铺管道侧向稳定性的模拟方法及其模拟装置, 首先制备土样, 模拟海床; 安装试验管道; 当管道与海床刚刚接触时, 释放管道使其在自身重力作用下产生初始沉降, 同时采用激光位移传感器测量管道在土体中的初始沉降量。通过步进电机对管道施加斜向拉力, 来模拟单向海流对管道的水平拖曳力和垂向升力作用; 同时测量步进电机的拉力、管道侧向失稳过程中的水平位移和附加沉降量、管道侧向失稳过程中下方土体的位移场以及侧向土压力。利用本发明的模拟方法及其模拟装置可有效模拟海底直铺管道的承压土体、单向海流对管道的水平拖曳力和垂向升力等, 并可实时测量管道地基极限侧向土阻力等稳定性参数, 从而可模拟分析海底直铺管道的侧向稳定性。



- 1、检测海底直铺管道侧向稳定性的模拟方法，具体为：
 - 1) 制备土样，模拟海床；
 - 2) 安装模型管道：当管道与海床刚刚接触时，释放管道使其在自身重力作用下产生初始沉降，同时采用激光位移传感器测量管道在土体中的初始沉降量。
 - 3) 通过步进电机对所述管道施加斜向拉力，来模拟单向海流对管道的水平拖曳力和垂向升力作用；同时测量所述步进电机的拉力、管道侧向失稳过程中的水平位移和附加沉降量、以及管道侧向失稳过程中下方土体的位移场，通过所测量的数据可分析出海底直铺管道侧向稳定性情况。
- 2、一种实施权利要求1所述方法的检测海底直铺管道侧向稳定性的模拟装置，其特征在于，该模拟装置包括土槽及土样制备系统、机械加载系统、参数测量系统，土样制备系统用于在所述土槽内制备海底土样，以便模拟管道的承压土体；机械加载系统用于模拟单向海流对管道的水平拖曳力和垂向升力作用；参数测量系统用于对实验中的数据进行测量。
- 3、如权利要求2所述的检测海底直铺管道侧向稳定性的模拟装置，其特征在于，所述土槽采用透明的钢化玻璃制成，以便测量中观察管道侧向失稳的动力过程；所述土样制备系统采用砂雨法制备砂土土样。
- 4、如权利要求2所述的检测海底直铺管道侧向稳定性的模拟装置，其特征在于，所述机械加载系统包括步进电机、自动微调装置、拉绳、模型管道，自动微调装置上设置有定滑轮，拉绳一端固定连接在步进电机的传动轴上，拉绳另一端绕过所述定滑轮后与模型管道固定连接，所述自动微调装置可调整所述定滑轮在竖直方向上运动，从而保证在管道侧向失稳过程中使得所述拉绳与土体水平面的夹角不变。
- 5、如权利要求4所述的检测海底直铺管道侧向稳定性的模拟装置，其特征在于，所述拉绳与土体水平面的夹角范围为 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 之间。
- 6、如权利要求4所述的检测海底直铺管道侧向稳定性的模拟装置，其特征在于，所述模型管道上设置有中心轴并且管道两端自由，所述拉绳

固定连接在所述中心轴上，从而使得管道可同时发生转动和平行移动。

- 7、如权利要求4所述的检测海底直铺管道侧向稳定性的模拟装置，其特征在于，所述模型管道上还可固定设置有防止管道转动的双平行四边形机构，当所述拉绳与模型管道固定连接后，使得模型管道只能发生平行移动。
- 8、如权利要求4所述的检测海底直铺管道侧向稳定性的模拟装置，其特征在于，所述参数测量系统包括激光位移传感器、拉力传感器、激光粒子图像测速仪和土压力传感器，拉力传感器设置在所述拉绳上，用于测量所述步进电机施加的拉力值；激光位移传感器用于测量所述模型管道在土体中的初始沉降量；激光粒子图像测速仪用于测量所述模型管道侧向失稳过程中下方土体的位移场；土压力传感器设置在所述模型管道下外边缘上，并用于测量所述模型管道所承受的土压力。

检测海底直铺管道侧向稳定性的模拟方法及其模拟装置

技术领域

本发明涉及近海工程、海洋土力学、海底管道工程领域，尤其是一种检测海底直铺管道侧向稳定性的模拟方法及其模拟装置。

背景技术

海底管道是海洋石油开发过程中输送油气的有效工具。在海流载荷下，海底管道将受到水平拖曳力和垂向升力的水动力作用；同时，管道还受到自身重力，其下方土体提供的竖直支持力和侧向阻力的综合作用。当土体所提供侧向阻力不足以平衡海流引起的拖曳力时，管道将产生水平位移，而失去稳定性，当管道各段发生的水平位移量不相同，管道将受力弯曲，严重时可引起管道线路断裂事故。可见，在海洋环境载荷下，直接铺设在海床上的海底管道的侧向稳定性直接关系到管道系统能否正常运营。从而，在一定的管道初始沉降量下，能有效的测量管道所能承受的最大水平土阻力，进而确定管道的稳定性条件成为海底管道工程中的关键问题。

发明内容

针对现有技术存在的问题，本发明的首要目的是提供一种检测海底直铺管道侧向稳定性的模拟方法，利用该方法可有效模拟海底直铺管道铺设的环境，从而有效检测海底直铺管道侧向稳定性。本发明的进一步目的是提供一种实施上述方法的模拟装置。

为实现上述目的，本发明检测海底直铺管道侧向稳定性的模拟方法，具体为：

- 1) 制备土样，模拟海床；
- 2) 安装试验管道：当管道与海床刚刚接触时，释放管道使其在自身重力作用下产生初始沉降，同时采用激光位移传感器测量管道在土体中的初始沉降量。

3) 通过步进电机对所述管道施加斜向拉力, 来模拟单向海流对管道的水平拖曳力和垂向升力作用; 同时测量所述步进电机的拉力、管道侧向失稳过程中的水平位移和附加沉降量、以及管道侧向失稳过程中下方土体的位移场, 通过所测量的数据可分析出海底直铺管道侧向稳定性情况。

一种实施上述方法的检测海底直铺管道侧向稳定性的模拟装置, 该模拟装置包括土槽及土样制备系统、机械加载系统、参数测量系统, 土样制备系统用于在所述土槽内制备海底土样, 以便模拟管道的承压土体; 机械加载系统用于模拟单向海流对管道的水平拖曳力和垂向升力作用; 参数测量系统用于对实验中的数据测量。

进一步, 所述土槽采用透明的钢化玻璃制成, 以便测量中观察管道侧向失稳的动力过程; 所述土样制备系统采用砂雨法制备砂土土样。

进一步, 所述机械加载系统包括步进电机、自动微调装置、拉绳、模型管道, 自动微调装置上设置有定滑轮, 拉绳一端固定连接在步进电机的传动轴上, 拉绳另一端绕过所述定滑轮后与模型管道固定连接, 所述自动微调装置可调整所述定滑轮在竖直方向上运动, 从而保证在管道侧向失稳过程中使得所述拉绳与土体水平面的夹角不变。

进一步, 所述拉绳与土体水平面的夹角范围为 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 之间。

进一步, 所述模型管道上设置有中心轴并且管道两端自由, 所述拉绳固定连接在所述中心轴上, 从而使得管道可同时发生转动和平行移动。

进一步, 所述模型管道上固定设置有防止管道转动的双平行四边形机构, 所述拉绳与模型管道固定连接后, 使得模型管道只能发生平行移动。

进一步, 所述参数测量系统包括激光位移传感器、拉力传感器、激光粒子图像测速仪和土压力传感器, 拉力传感器设置在所述拉绳上, 用于测量所述步进电机施加的拉力值; 激光位移传感器用于测量所述模型管道在土体中的初始沉降量; 激光粒子图像测速仪用于测量所述模型管道侧向失稳过程中下方土体的位移场; 土压力传感器设置在所述模型管道下外边缘上, 并用于测量所述模型管道所承受的土压力。

利用本发明检测海底直铺管道侧向稳定性的模拟方法及其模拟装置, 可有效模拟海底直铺管道的承压土体、单向海流对管道的水平拖曳力和垂向升力等, 并可实时测量稳定性参数, 从而可模拟分析海底直铺管道

的侧向稳定性。

附图说明

图 1 为本发明实施例 1 的结构示意图;

图 2 为本发明实施例 2 的结构示意图。

具体实施方式

实施例 1

如图 1 所示,本发明检测海底直铺管道侧向稳定性的模拟装置包括土槽及土样制备系统 1、机械加载系统 2、参数测量系统 3,其中土槽及土样制备系统 1 包括土槽 11、土体 12,土槽 11 采用透明的钢化玻璃制成,以便测量中观察管道的状态;土体 12 为采用砂雨法制备的砂土土样制成,从而更好的模拟了砂土海床;机械加载系统 2 包括步进电机 21、自动微调装置 25、拉绳 22、模型管道 23,本实施例中模拟管道 23 为两端自由,管道中心设置有中心轴 24,这种管道在失稳时既发生平动又发生滚动;自动微调装置 25 上设置有定滑轮 251,拉绳 22 一端固定连接在步进电机 21 的传动轴上,拉绳 22 另一端经由定滑轮 251 后与中心轴 24 固定连接,从而使得管道可同时发生转动和平行移动,自动微调装置 25 可调整定滑轮 251 在竖直方向上运动,从而保证拉绳 22 与土体水平面的夹角不变,这样使得当步进电机输出的拉力一定时,通过拉绳 22 作用在模型管道 23 上的水平拖拽力和垂直拉力保持一定的比值,从而更好的反映单向海流作用下管道所受水动力载荷的特点。参数测量系统 3 包括激光位移传感器 32 和 34、拉力传感器 31、激光粒子图像测速仪 33 和土压力传感器 35,拉力传感器 31 设置在拉绳 22 上,用于测量步进电机 21 施加的拉力值,激光位移传感器 34 用于测量模型管道 23 在土体 12 中的初始沉降量,激光位移传感器 32 用于测量模型管道 23 在失稳过程中的水平位移量,激光粒子图像测速仪 33 用于测量模型管道 23 侧向失稳过程中下方土体的位移场,土压力传感器 35 设置在模型管道 23 下外边缘上,并用于测量模型管道 23 所承受的土压力。

工作时,首先制备海底土样,在土槽 11 内填充土体 12 来模拟海床;安装模型管道 23:当管道与海床刚刚接触时,释放模型管道 23 使其在自

身重力作用下产生初始沉降,同时采用激光位移传感器34测量模型管道23在土体中的初始沉降量;通过步进电机21对模型管道23施加斜向拉力,来模拟单向海流对管道的水平拖曳力和垂向升力作用;同时通过拉力传感器31测量步进电机21的拉力、通过激光位移传感器32、34测量模型管道23侧向失稳过程中的水平位移和附加沉降量、以及通过激光粒子图像测速仪33测量管道侧向失稳过程中下方土体的位移场,其中对于模型管道23侧向失稳过程中的水平位移和附加沉降量,也可通过设置数字摄像系统来记录,这样可更加直观的表现管道在失稳过程中的状态。通过所测量的所有数据即可分析出海底直铺管道侧向稳定性情况。

实施例2

本实施例中模拟管道23上设置有双平行四边形机构26的防滚装置,在双平行四边形机构26的约束下,模拟管道23只能发生移动。本实施例中其他模拟装置和方法与实施例1中相同。

对于本发明检测海底直铺管道侧向稳定性的模拟方法及其模拟装置,通过步进电机21、拉绳22施加的拉力来模拟海流的水动力,可通过改变电机的输出扭力或改变拉绳22与土体水平面的夹角来改变拉力值,通常拉绳22与土体水平面的夹角改变范围为 40° ~ 60° 之间。模拟管道23重量(单位长度)通过增减配重来实现,可通过在管道表面粘贴不同目的砂纸来改变其表面粗糙度。

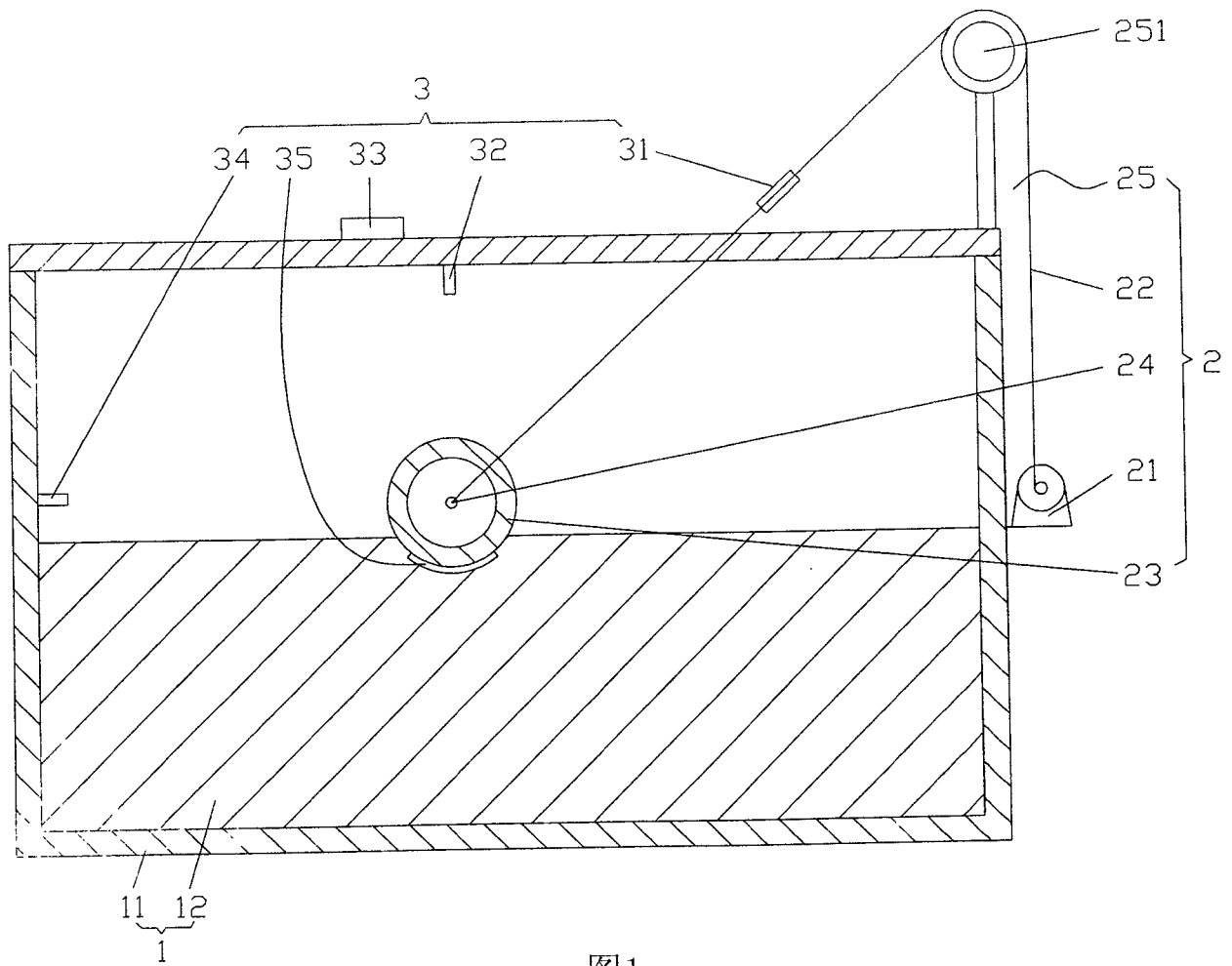


图1

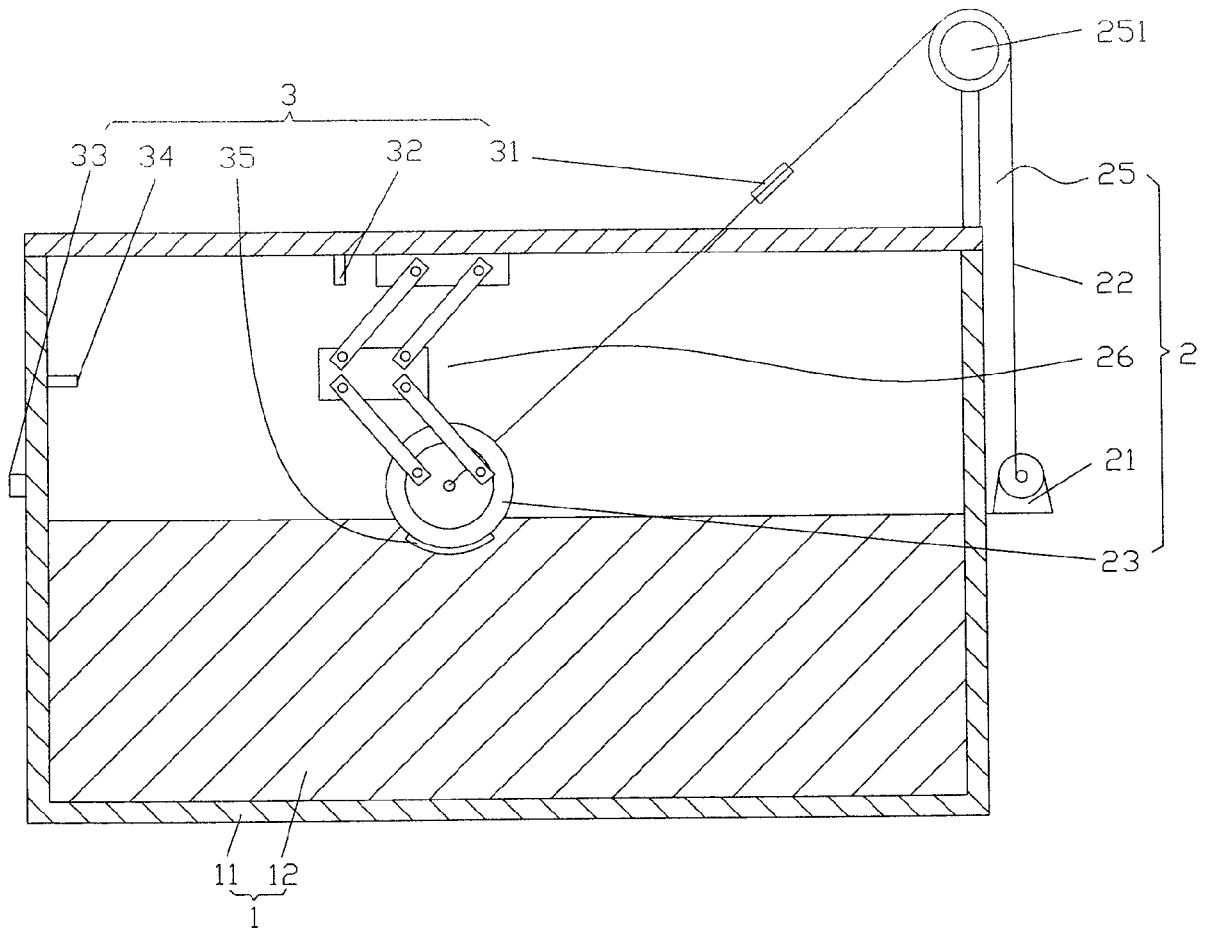


图2