



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111397847 A

(43)申请公布日 2020.07.10

(21)申请号 202010392602.1

(22)申请日 2020.05.11

(71)申请人 中国船舶科学研究中心  
地址 214082 江苏省无锡市山水东路222号

(72)发明人 赵战华 匡晓峰 范亚丽 张凤伟  
吴澜 湛俊华 马聪聪

(74)专利代理机构 无锡华源专利商标事务所  
(普通合伙) 32228

代理人 聂启新

(51) Int. Cl.  
G01M 10/00(2006.01)

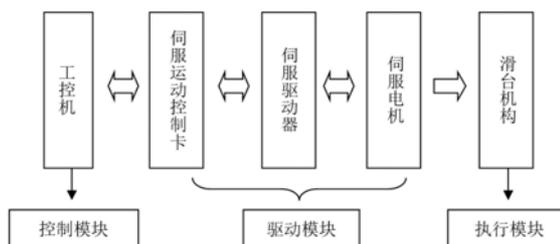
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

## (54)发明名称

水池试验管线模型动态校准装置及其校准方法

## (57)摘要

一种水池试验管线模型动态校准装置及其校准方法,包括互相连接的控制模块、驱动模块和执行模块,所述控制模块为工控机,驱动模块包括伺服电机、伺服驱动器和伺服运动控制卡,所述执行模块包括滑台机构;通过三大模块之间的配合工作,建立了海洋工程水池模型试验中管线系统动态特性测试方法,相比单纯的静态特性校准,显著提供水池试验中管线系统的模拟精度,提升了水池模型试验技术,采用电动马达驱动丝杆的方法实现了管线顶端运动的模拟,具有模拟精度高、运动形式改变快捷、结构形式稳定等优点。



1. 一种水池试验管线模型动态校准装置,其特征在于:包括互相连接的控制模块、驱动模块和执行模块,所述控制模块为工控机,驱动模块包括伺服电机(7)、伺服驱动器和伺服运动控制卡,所述执行模块包括滑台机构;所述滑台机构的结构为:包括水平设置的主体结构,所述主体结构的两端分别安装有左端板(13)和右端板(16),所述右端板(16)的外端面固定有伺服电机(7),右端板(16)的内端面安装有右转动支座(14),所述伺服电机(7)的输出轴穿过右端板(16)和右转动支座(14)连接丝杆(15),所述丝杆(15)的两端分别通过左轴承支座(12)和右轴承支座(11)支撑,所述丝杆(15)的两侧还对称设置有前导轨(10)和后导轨(9),所述丝杆(15)上套至有滑块(17),所述滑块(17)的两侧同时穿过前导轨(10)和后导轨(9);

主体结构的上部罩有防护罩(8);

所述滑块(17)上安装有拉力传感器(19),

还包括系泊缆试验模型(20),系泊缆试验模型(20)的一端固定在拉力传感器(19)上,另一端固定在水池底。

2. 如权利要求1所述的水池试验管线模型动态校准装置,其特征在于:所述主体结构的上表面两端间隔安装有左升降丝杆(5)和右升降丝杆(6),所述左升降丝杆(5)的顶部安装有左部手轮(1),左升降丝杆(5)上部内侧面固定有与其垂直的左安装板(3),所述右升降丝杆(6)的顶部安装有右部手轮(2),所述右升降丝杆(6)的上部内侧面固定有与其垂直的右安装板(4)。

3. 如权利要求1所述的水池试验管线模型动态校准装置,其特征在于:所述防护罩(8)的前侧设置有刻度条(18)。

4. 如权利要求1所述的水池试验管线模型动态校准装置,其特征在于:所述左安装板(3)和右安装板(4)位于同一平面位置。

5. 如权利要求1所述的水池试验管线模型动态校准装置,其特征在于:所述左安装板(3)和右安装板(4)同时固定在水池基础设施上。

6. 一种利用权利要求1所述的池试验管线模型动态校准装置的校准方法,其特征在于:包括如下步骤:

安装好执行模板;

手摇左部手轮(1)和右部手轮(2),将左安装板(3)和右安装板(4)的高度根据实际的安装位置调整到位;

执行模板工作,

采用工装夹具将左安装板(3)和右安装板(4)固定在水池基础设施上,在滑块(17)上安装拉力传感器(19),

然后安装系泊缆试验模型(20),将系泊缆试验模型(20)一端连接在拉力传感器(19)上,另一端连接在水池底;

控制好系泊缆试验模型(20)上下两个端点的之间水平距离,水平距离为4-20m;

布置完毕;

读拉力传感器(19)的读数,看与目标值是否吻合,将误差控制在2%以内,如果超出误差范围之内,进行调试,调整系泊缆试验模型(20)顶端与拉力传感器(19)连接处,进行收放;

在控制模块的工控机中设置运动参数,包括幅值和周期,  
伺服电机(7)启动,丝杆(15)转动,从而带动滑块(17)来回滑动,通过调整伺服电机(7)的转速,可以实现不同的幅值和周期下所得到的参数。

## 水池试验管线模型动态校准装置及其校准方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及海洋工程水动力学试验技术领域,尤其是一种水池试验管线模型动态校准装置及其校准方法。

### 背景技术

[0002] 理论计算和水池模型试验是开展漂浮式锚泊结构水动力性能研究的两条重要途径。相比理论计算,模型试验更接近真实情况,结果数据也更有可靠性和说服力。但是,模型试验中必须对现实作业条件进行真实反映和模拟才能得出正确的结论。而系泊缆受力特性的模拟是整个模型试验中必须实现的前提条件。

[0003] 管线系统包括系泊缆、立管、电缆等多种柔性系统,受力特性包括静力特性和动力特性两个方面,静力特性是指静态条件下系泊点在不同的位置顶端张力的变化情况,静力特性主要检验系泊缆材料、尺寸、结构形式等因素的影响。动力特性指系泊点按照某种运动形式运动过程中顶端张力变化情况,动力特性除了受系泊缆材料、尺寸、结构等因素决定外,还受到管线的附加质量、阻尼等因素的影响。动力特性反映了动态作用条件下,管线的运动情况。

[0004] 由于管线系统模拟和标定难度大,目前水池模型试验中普遍忽略动态特性的校准,在锚泊系统模型设计阶段只在管线的静态刚度特性进行校准,即在静止状态改变顶端水平位置逐个测试顶端张力得到静态刚度曲线,将静态刚度曲线与理论结果进行对比校准。然而,在低频运动时浮式海洋结构物自身阻尼较小,此时,管线系统的阻尼成为制约系统慢漂运动的重要因素,研究发现,某些情况下,管线系统阻尼能够占到系统阻尼的80%以上。因此,准确反映全水深管线系统的动态响应对整个模型试验十分重要。忽略动态特性,不可避免的会引起模型试验结果的误差,甚至可能造成结果的严重偏离。

[0005] 本文根据水池试验条件和管线系统动态特性校准原理,开发水池模型试验中管线动态特性的校准装置,通过该装置可以对管线动态特性进行测试,将测试结果与理论结果进行对比,实现对管线动态特性的校准与评估,通过对结果的对比分析能够进一步指导和优化管线系统的物理模拟,提升管线系统的模拟精度。

### 发明内容

[0006] 本申请人针对上述现有生产技术中的缺点,提供一种结构合理的水池试验管线模型动态校准装置及其校准方法,从而根据水池试验条件和管线系统动态特性校准原理,可以对管线动态特性进行测试,将测试结果与理论结果进行对比,实现对管线动态特性的校准与评估,通过对结果的对比分析能够进一步指导和优化管线系统的物理模拟,提升管线系统的模拟精度。

[0007] 本发明所采用的技术方案如下:

[0008] 一种水池试验管线模型动态校准装置,包括互相连接的控制模块、驱动模块和执行模块,所述控制模块为工控机,驱动模块包括伺服电机、伺服驱动器和伺服运动控制卡,

所述执行模块包括滑台机构；

[0009] 所述滑台机构的结构为：包括水平设置的主体结构，所述主体结构的两端分别安装有左端板和右端板，所述右端板的外端面固定有伺服电机，右端板的内端面安装有右转动支座，所述伺服电机的输出轴穿过右端板和右转动支座连接丝杆，所述丝杆的两端分别通过左轴承支座和右轴承支座支撑，所述丝杆的两侧还对称设置有前导轨和后导轨，所述丝杆上套至有滑块，所述滑块的两侧同时穿过前导轨和后导轨；

[0010] 主体结构的上部罩有防护罩；

[0011] 所述滑块上安装有拉力传感器，

[0012] 还包括系泊缆试验模型，系泊缆试验模型的一端固定在拉力传感器上，另一端固定在水池底。

[0013] 作为上述技术方案的进一步改进：

[0014] 所述主体结构的上表面两端间隔安装有左升降丝杆和右升降丝杆，所述左升降丝杆的顶部安装有左部手轮，左升降丝杆上部内侧面固定有与其垂直的左安装板，所述右升降丝杆的顶部安装有右部手轮，所述右升降丝杆的上部内侧固定有与其垂直的右安装板。

[0015] 所述防护罩的前侧设置有刻度条。

[0016] 所述左安装板和右安装板位于同一平面位置。

[0017] 所述左安装板和右安装板同时固定在水池基础设施上。

[0018] 一种池试验管线模型动态校准装置的校准方法，包括如下步骤：

[0019] 安装好执行模板；

[0020] 手摇左部手轮和右部手轮，将左安装板和右安装板的高度根据实际的安装位置调整到位；

[0021] 执行模板工作，

[0022] 采用工装夹具将左安装板和右安装板固定在水池基础设施上，

[0023] 在滑块上安装拉力传感器，

[0024] 然后安装系泊缆试验模型，将系泊缆试验模型一端连接在拉力传感器上，另一端连接在水池底；

[0025] 控制好系泊缆试验模型上下两个端点的之间水平距离，水平距离为4-20m；

[0026] 布置完毕；

[0027] 读拉力传感器的读数，看与目标值是否吻合，将误差控制在2%以内，如果超出误差范围之内，进行调试，调整系泊缆试验模型顶端与拉力传感器连接处，进行收放；

[0028] 在控制模块的工控机中设置运动参数，包括幅值和周期，

[0029] 伺服电机启动，丝杆转动，从而带动滑块来回滑动，

[0030] 通过调整伺服电机的转速，可以实现不同的幅值和周期下所得到的参数。

[0031] 本发明的有益效果如下：

[0032] 本发明结构紧凑、合理，操作方便，通过三大模块之间的配合工作，建立了海洋工程水池模型试验中管线系统动态特性测试方法，相比单纯的静态特性校准，显著提供水池试验中管线系统的模拟精度，提升了水池模型试验技术，采用电动马达驱动丝杆的方法实现了管线顶端运动的模拟，具有模拟精度高、运动形式改变快捷、结构形式稳定等优点。突破了管线系统动态水池标定的关键技术；整个结构形式稳定，易拆卸、易升降，能够适应各

种不同水池,不同基础设备的安装和操作,对硬件设施要求低,适应性强。

[0033] 执行模块在工控模块的控制下通过伺服电机驱动滑台上的滑块实现不同幅值和周期的正弦运动。在滑块下安装拉力传感器,传感器另一端连接系泊缆模型顶端。试验中动态实时记录滑块位移和拉力传感器拉力,将系泊缆顶端运动/受力时力曲线与理论目标值进行对比,实现对管线模型动态效应的校核。

[0034] 在试验开始前,通过手轮调整升降丝杆使主体到垂向目标位置,在滑块下方布置拉力传感器在传感器下端连接管线。在试验室工控机操作软件中设置相应的幅值和频率,电动马达启动,带动管线运动,拉力传感器实时记录管线顶端张力,通过张力数据分析获得管线系统动态受力特性。

[0035] 本发明高精度、高效率、轻便、易操作,易安装,且稳定,可以满足海洋工程水池管线动态特性的测试要求。

## 附图说明

[0036] 图1为本发明的模块组成图。

[0037] 图2为本发明水池试验管线模型动态校准装置的主视图。

[0038] 图3为图2的俯视图(省略手轮、安装板和升降丝杆)。

[0039] 图4为本发明的应用图。

[0040] 图5为本发明系泊缆顶端轴向力试验结果与理论计算对比样例。

[0041] 其中:1、左部手轮;2、右部手轮;3、左安装板;4、右安装板;5、左升降丝杆;6、右升降丝杆;7、伺服电机;8、防护罩;9、后导轨;10、前导轨;11、右轴承支座;12、左轴承支座;13、左端板;14、右转动支座;15、丝杆;16、右端板;17、滑块;18、刻度条;19、拉力传感器;20、系泊缆试验模型。

## 具体实施方式

[0042] 下面结合附图,说明本发明的具体实施方式。

[0043] 如图1-图5所示,本实施例的水池试验管线模型动态校准装置,包括互相连接的控制模块、驱动模块和执行模块,控制模块为工控机,驱动模块包括伺服电机7、伺服驱动器和伺服运动控制卡,执行模块包括滑台机构;

[0044] 滑台机构的结构为:包括水平设置的主体结构,主体结构的两端分别安装有左端板13和右端板16,右端板16的外端面固定有伺服电机7,右端板16的内端面安装有右转动支座14,伺服电机7的输出轴穿过右端板16和右转动支座14连接丝杆15,丝杆15的两端分别通过左轴承支座12和右轴承支座11支撑,丝杆15的两侧还对称设置有前导轨10和后导轨9,丝杆15上套至有滑块17,滑块17的两侧同时穿过前导轨10和后导轨9;

[0045] 主体结构的上部罩有防护罩8;

[0046] 滑块17上安装有拉力传感器19,

[0047] 还包括系泊缆试验模型20,系泊缆试验模型20的一端固定在拉力传感器19上,另一端固定在水池底。

[0048] 主体结构的上表面两端间隔安装有左升降丝杆5和右升降丝杆6,左升降丝杆5的顶部安装有左部手轮1,左升降丝杆5上部内侧面固定有与其垂直的左安装板3,右升降丝杆

6的顶部安装有右部手轮2,右升降丝杆6的上部内侧固定有与其垂直的右安装板4。

[0049] 防护罩8的前侧设置有刻度条18。

[0050] 左安装板3和右安装板4位于同一平面位置。

[0051] 左安装板3和右安装板4同时固定在水池基础设施上。

[0052] 本实施例的池试验管线模型动态校准装置的校准方法,包括如下步骤:

[0053] 安装好执行模板;

[0054] 手摇左部手轮1和右部手轮2,将左安装板3和右安装板4的高度根据实际的安装位置调整到位;

[0055] 执行模板工作,

[0056] 采用工装夹具将左安装板3和右安装板4固定在水池基础设施上,

[0057] 在滑块17上安装拉力传感器19,

[0058] 然后安装系泊缆试验模型20,将系泊缆试验模型20一端连接在拉力传感器19上,另一端连接在水池底;

[0059] 控制好系泊缆试验模型20上下两个端点的之间水平距离,水平距离为20m;

[0060] 布置完毕;

[0061] 读拉力传感器19的读数,看与目标值是否吻合,将误差控制在2%以内,如果超出误差范围之内,进行调试,调整系泊缆试验模型20顶端与拉力传感器19连接处,进行收放;

[0062] 在控制模块的工控机中设置运动参数,包括幅值和周期,

[0063] 伺服电机7启动,丝杆15转动,从而带动滑块17来回滑动,

[0064] 通过调整伺服电机7的转速,可以实现不同的幅值和周期下所得到的参数。

[0065] 本发明主体结构为不锈钢金属材质加工而成,主体结构中的伺服电机7,伺服电机7采用伺服式电机,主体结构的总长2.02m,滑块17有效行程1.8m。

[0066] 伺服电机7带动丝杆15转动,丝杆15的直径为20mm,螺距5mm,位移精度达到1mm以内。

[0067] 丝杆15两侧分别布置有前导轨10和后导轨9,两个导轨的直径均为16mm。有利于提升作业稳定性。

[0068] 丝杆15和两个导轨均穿过滑块17,丝杆15的转动驱动滑块17沿两个导轨运动。

[0069] 在主体结构两端设置左轴承支座12和右轴承支座11。

[0070] 在主体结构上方设置两个升降丝杆,分别为左升降丝杆5和右升降丝杆6,两个升降丝杆的长度均为1.3m,通过调节顶部的旋转手轮(左部手轮1和右部手轮2),可以实现垂向1.2m高度的调整,同时也可以对水平状态进行调整。一方面满足垂向位置调节,另一方向可以方便安装固定,通用性强。

[0071] 在滑块17下方布置拉力传感器19,在拉力传感器19下端连接系泊缆试验模型20的顶端,系泊缆试验模型20另一端在水池底进行固定。

[0072] 以上描述是对本发明的解释,不是对发明的限定,本发明所限定的范围参见权利要求,在本发明的保护范围之内,可以作任何形式的修改。

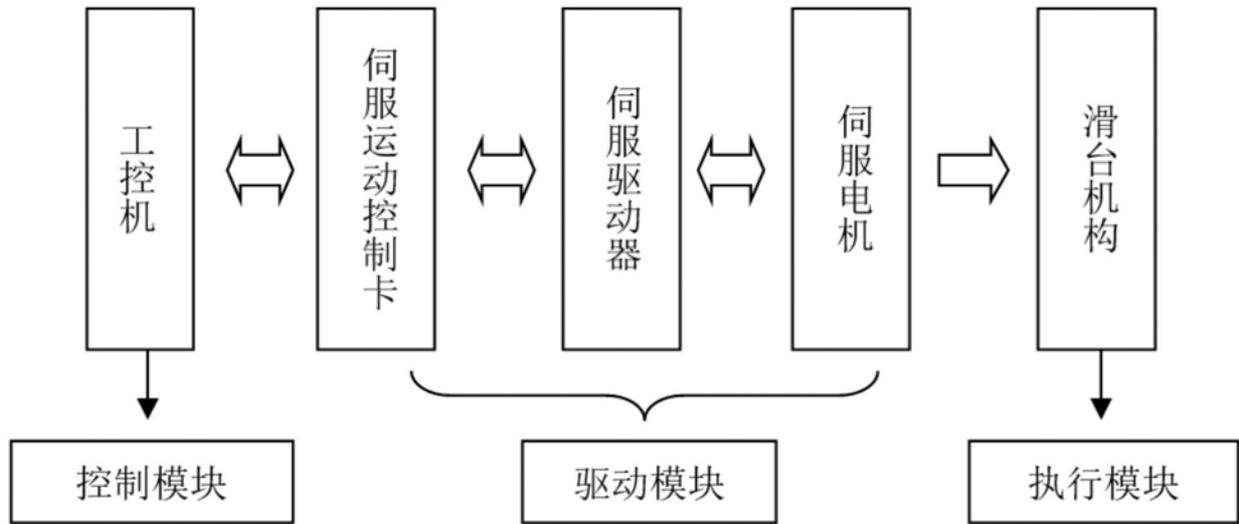


图1

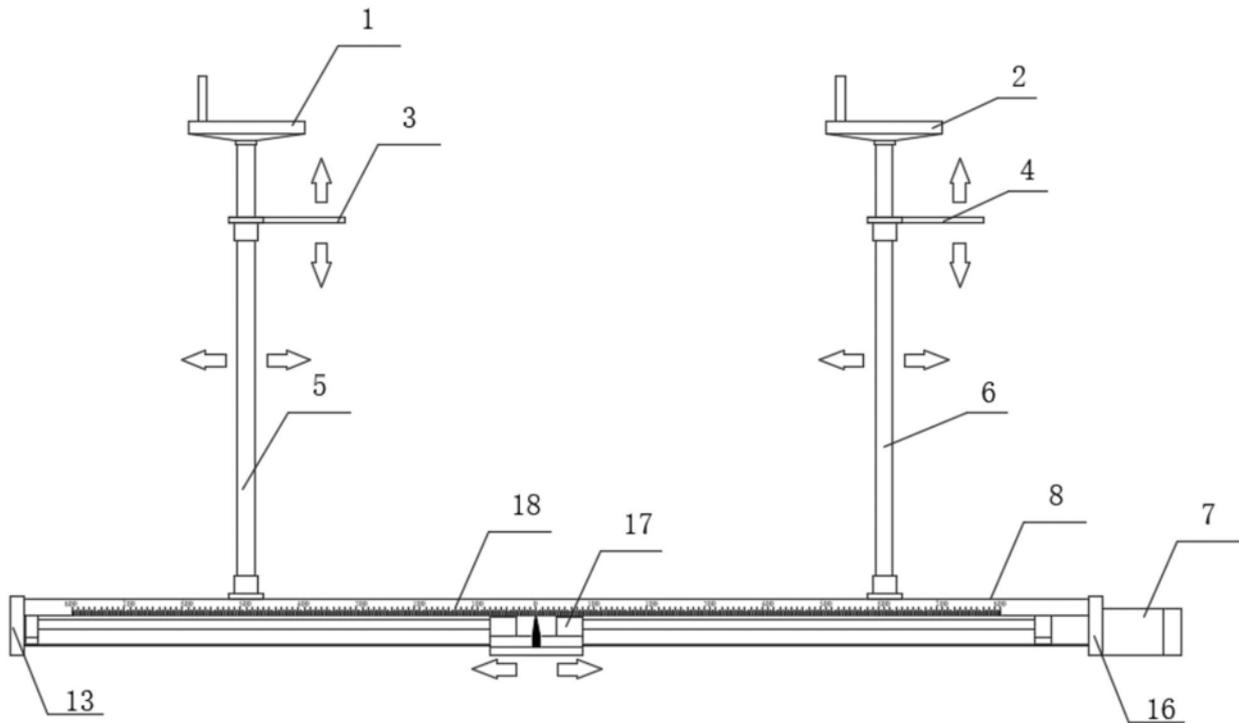


图2

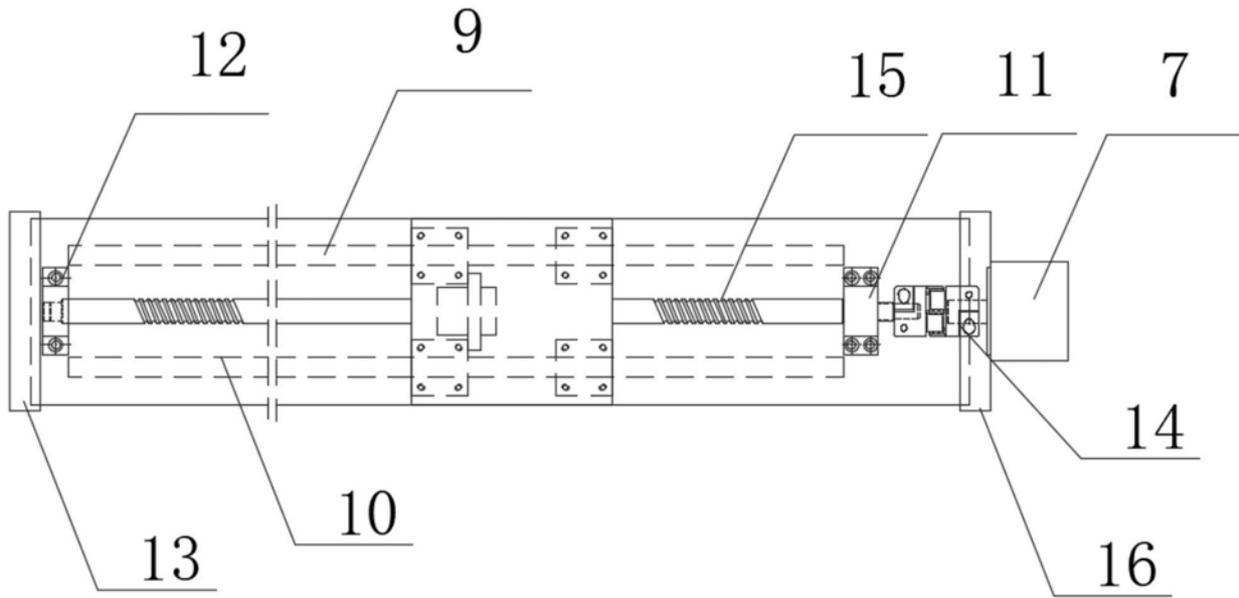


图3

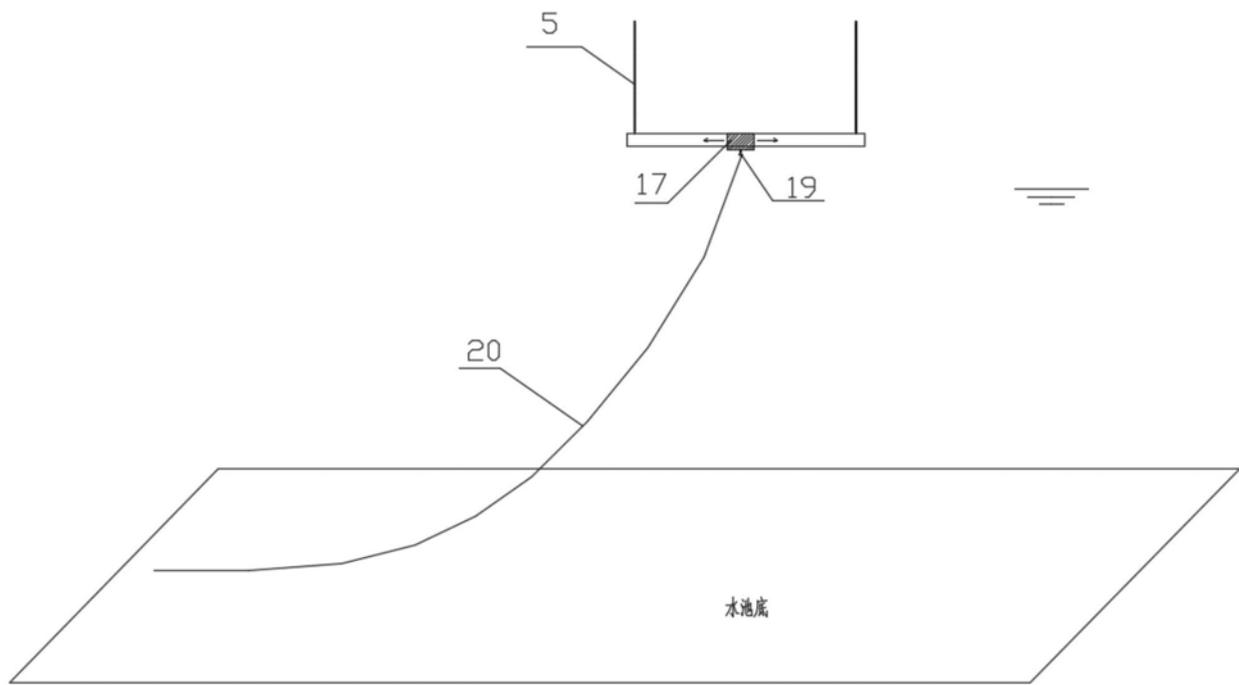


图4

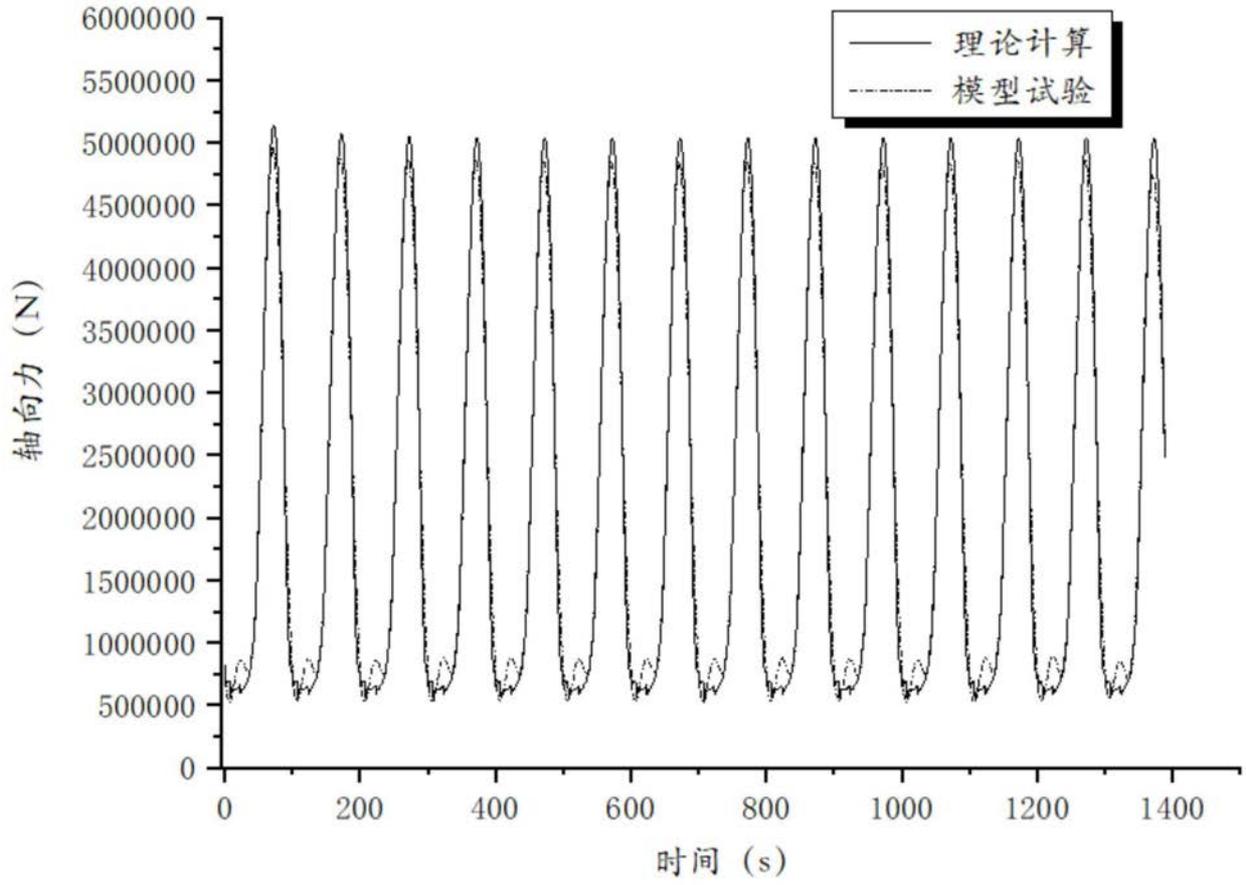


图5