



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110455479 A

(43)申请公布日 2019. 11. 15

(21)申请号 201910725165.8

(22)申请日 2019.08.07

(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 刘俊 高福平

(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 7/02(2006.01)

G01M 10/00(2006.01)

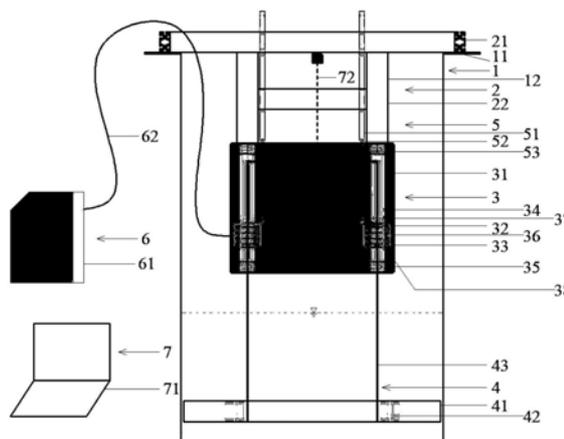
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种微结构阻尼的柱体涡激振动实验装置、  
模拟方法

(57)摘要

本发明实施例涉及一种微结构阻尼的柱体  
涡激振动实验装置、模拟方法,所述装置包括:大  
型波流水槽模块、可吊装支撑模块、气浮平台模  
块、柱体结构模块、弹簧模块、气路模块、测量模  
块。该装置可以研究柱体结构涡激振动触发以及  
幅频响应特性,尤其是近床面柱体涡激振动,以  
及海底管道涡激振动与海床冲刷耦合作用等问  
题,结果可以为工程师设计铺设海底管线提供科  
学依据。



1. 一种微结构阻尼的柱体涡激振动实验装置,其特征在于,所述装置包括:大型波流水槽模块、可吊装支撑模块、气浮平台模块、柱体结构模块、弹簧模块、气路模块、测量模块;

在所述大型波流水槽模块左、右相对的两侧壁上分别横向设置一横梁,所述大型波流水槽模块侧壁为透明玻璃,底面为混凝土刚性壁面;

所述可吊装支撑模块顶部由四根横向型材和两根纵向型材组成的支撑架置于所述横梁上,所述可吊装支撑模块底部由两根横向型材和两根竖向型材组成,连接于所述支撑架顶部;

所述气浮平台模块,包括基板、空气轴承、轴套、光滑圆轴导轨、固定支座、连接板、吊环、安装块,所述基板固定在所述可吊装支撑模块底部,所述空气轴承存在两个,由两个所述轴套固定,套装在所述的两个光滑圆轴导轨上,所述光滑圆轴导轨通过所述固定支架安装于所述基板上,所述连接板连接所述两个轴套,所述吊环存在两个,安装于所述连接板上,所述安装块存在两个,安装于所述连接板上;

所述柱体结构模块,包括柱体、配重块、连接柱体的不锈钢矩形直线导轨,所述配重块放置在所述主体内,所述不锈钢矩形直线导轨连接柱体结构,并安装于所述安装块上;

所述弹簧模块,包括升降单元、一对吊环和一对弹簧,所述升降单元安装于所述支撑架顶部;所述吊环安装在所述升降单元底部;所述弹簧一端连接在其中一个吊环上,另一端连接在另一个吊环上;

所述气路模块,包括气泵、供气管路,所述供气管路连接所述气泵和所述空气轴承;

所述测量模块,包括测量终端、激光位移传感器、流速仪、PIV和拉压力传感器,所述激光位移传感器安装于支撑架顶部;所述流速仪存在两个,分别安装在柱体的上游侧和下游侧;所述拉压力传感器安装在所述连接板顶部;所述激光位移传感器、流速仪和拉压力传感器通过数据线和连接在测量终端上的数据采集卡相连。

2. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述空气轴承由所述气泵供气,气泵产生的高压气体在所述空气轴承和所述光滑圆轴导轨之间形成气膜,以使所述空气轴承和所述光滑圆轴导轨无结构部件之间的摩擦和碰撞,实现微结构阻尼。

3. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述柱体内部添加配重块,调节质量比,并可改变柱体界面形状和几何尺寸。

4. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述升降单元上下移动,以调节所述柱体和大型波流水槽模块底部壁面的距离。

5. 一种根据上述权利要求1至4任一项所述装置的柱体涡激振动实验的模拟方法,所述方法包括:

在波流水槽外空气中对装置进行调试;

向模拟管道施加多个已知的确定位移值,并记录激光位移传感器相应的电压值,根据所述位移值与所述电压值确定激光位移传感器的标定系数;

测定装置的结构阻尼;

将装置置于波流水槽,向所述波流水槽中加水至实验水深,调节管道与床面之间的距离,测定装置的固有频率和流体阻尼;

利用波流水槽以产生波浪及水流,根据预设要求,改变波浪参数或者按照预设的规则增加流速,使柱体结构发生涡激振动,并用终端同步采集结构响应数据和流速流场及波浪

数据。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述测定装置的结构阻尼,包括:  
对柱体施加已知的位移激励后释放,以使所述柱体进行自由衰减振动;  
记录所述柱体的振动位移随时间的变化;  
将理论预测的响应与实验记录相匹配找到未知的阻尼。

7. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述测定装置的固有频率和流体阻尼,包括:

对所述柱体施加已知的位移激励后释放,以使所述柱体进行自由衰减振动;  
记录所述柱体的振动位移随时间的变化;  
将理论预测的响应与实验记录相匹配找到未知的阻尼;

$\zeta = \ln(A_i/A_{i+n})/2\pi n$ ,  $A_i$  及  $A_{i+n}$  为自由衰减振动位移随时间变化曲线的第  $i$  个和  $i+n$  个波峰对应的位移,对柱体的振动位移随时间的变化进行频谱分析,得到固有频率。

8. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述根据所述位移值与所述电压值确定激光位移传感器的标定系数,包括:

通过对所述位移值与所述电压值的拟合,得到激光位移传感器的标定系数。

9. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,以上所有数据通过自主开发的流固土耦合多物理参数同步测试与实时监控系统进行同步测量,便于进行流固耦合分析。

10. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,结合波流水槽,可以研究多海洋环境下的柱体涡激振动,既可以研究单独海流作用下柱体涡激振动,也可以研究波流共同作用下的柱体涡激振动。

## 一种微结构阻尼的柱体涡激振动实验装置、模拟方法

### 技术领域

[0001] 本发明实施例涉及近海工程、海底管道工程技术领域,尤其涉及一种微结构阻尼的柱体涡激振动实验装置、模拟方法。

### 背景技术

[0002] 海底管道是海洋油气田开采系统的重要组成部分,由于具备较高的生产效益而得到了广泛应用,被誉为海洋油气田的生命线。与陆上油气输运不同,海底管线面临恶劣的海洋环境载荷和复杂的海底地形地貌等多因素影响,其安全性一直是人们关注的焦点。海底管线的破坏原因通常包括第三方破坏、冲刷悬空、腐蚀等。铺设在海床上的海底管道由于海床的不平整、冲刷等原因常常在管道下方产生悬空段,当流体流经管跨,在管道两侧释放交替脱落的旋涡,在管道表面诱导周期性的压力脉动进而引发管道涡激振动,导致管道在应力集中处出现疲劳裂纹甚至发生管道的断裂,其是海底管道断裂事故的主要原因。在实验室对海底管线冲刷和涡激振动耦合作用机理研究具有重要的工程和科学意义。

[0003] 柱体结构涡激振动实验装置通常简化为“质量-弹簧-阻尼”系统。其中阻尼比对柱体结构涡激振动触发的临界速度、幅频响应特性以及激发范围具有重要影响。流向涡激振动振幅较横向涡激振动振幅小一个量级,实验研究通常只考虑横向涡激振动,限制柱体沿流向位移。现有实验装置多采用多组定滑轮、导轨进行导向,由于导轨和滑轮之间具有摩擦、碰撞和卡顿,造成系统阻尼较大且具有不确定性。

### 发明内容

[0004] 鉴于此,为解决现有技术中的技术问题,本发明实施例提供了一种微结构阻尼的柱体涡激振动实验装置、模拟方法。

[0005] 第一方面,本发明实施例提供了一种微结构阻尼的柱体涡激振动实验装置,所述装置包括:大型波流水槽模块、可吊装支撑模块、气浮平台模块、柱体结构模块、弹簧模块、气路模块、测量模块;

[0006] 在所述大型波流水槽模块左、右相对的两侧壁上分别横向设置一横梁,所述大型波流水槽模块侧壁为透明玻璃,底面为混凝土刚性壁面;

[0007] 所述可吊装支撑模块顶部由四根横向型材和两根纵向型材组成的支撑架置于所述横梁上,所述可吊装支撑模块底部由两根横向型材和两根竖向型材组成,连接于所述支撑架顶部;

[0008] 所述气浮平台模块,包括基板、空气轴承、轴套、光滑圆轴导轨、固定支座、连接板、吊环、安装块,所述基板固定在所述可吊装支撑模块底部,所述空气轴承存在两个,由两个所述轴套固定,套装在所述的两个光滑圆轴导轨上,所述光滑圆轴导轨通过所述固定支架安装于所述基板上,所述连接板连接所述两个轴套,所述吊环存在两个,安装于所述连接板上,所述安装块存在两个,安装于所述连接板上;

[0009] 所述柱体结构模块,包括柱体、配重块、连接柱体的不锈钢矩形直线导轨,所述配

- 重块放置在所述主体内,所述不锈钢矩形直线导轨连接柱体结构,并安装于所述安装块上;
- [0010] 所述弹簧模块,包括升降单元、一对吊环和一对弹簧,所述升降单元安装于所述支撑架顶部;所述吊环安装在所述升降单元底部;所述弹簧一端连接在其中一个吊环上,另一端连接在另一个吊环上;
- [0011] 所述气路模块,包括气泵、供气管路,所述供气管路连接所述气泵和所述空气轴承;
- [0012] 所述测量模块,包括测量终端、激光位移传感器、流速仪、PIV和拉压力传感器,所述激光位移传感器安装于支撑架顶部;所述流速仪存在两个,分别安装在柱体的上游侧和下游侧;所述拉压力传感器安装在所述连接板顶部;所述激光位移传感器、流速仪和拉压力传感器通过数据线和连接在测量终端上的数据采集卡相连。
- [0013] 在一个可能的实施方式中,所述空气轴承由所述气泵供气,气泵产生的高压气体在所述空气轴承和所述光滑圆轴导轨之间形成气膜,以使所述空气轴承和所述光滑圆轴导轨无结构部件之间的摩擦和碰撞,实现微结构阻尼。
- [0014] 在一个可能的实施方式中,所述柱体内部添加配重块,调节质量比,并可改变柱体截面形状和几何尺寸。
- [0015] 在一个可能的实施方式中,所述升降单元上下移动,以调节所述柱体和大型波流水槽模块底部壁面的距离。
- [0016] 第二方面,本发明实施例提供了一种柱体涡激振动实验的模拟方法,该方法包括:
- [0017] 在波流水槽外空气中对装置进行调试;
- [0018] 向模拟管道施加多个已知的确定位移值,并记录激光位移传感器相应的电压值,根据所述位移值与所述电压值确定激光位移传感器的标定系数;
- [0019] 测定装置的结构阻尼;
- [0020] 将装置置于波流水槽,向所述波流水槽中加水至实验水深,调节管道与床面之间的距离,测定装置的固有频率和流体阻尼;
- [0021] 利用波流水槽以产生波浪及水流,根据预设要求,改变波浪参数或者按照预设的规则增加流速,使柱体结构发生涡激振动,并用终端同步采集结构响应数据和流速流场及波浪数据。
- [0022] 在一个可能的实施方式中,所述测定装置的结构阻尼,包括:
- [0023] 对柱体施加已知的位移激励后释放,以使所述柱体进行自由衰减振动;
- [0024] 记录所述柱体的振动位移随时间的变化;
- [0025] 将理论预测的响应与实验记录相匹配找到未知的阻尼。
- [0026] 在一个可能的实施方式中,所述测定装置的固有频率和流体阻尼,包括:
- [0027] 对所述柱体施加已知的位移激励后释放,以使所述柱体进行自由衰减振动;
- [0028] 记录所述柱体的振动位移随时间的变化;
- [0029] 将理论预测的响应与实验记录相匹配找到未知的阻尼;
- [0030]  $\zeta = \ln(A_i/A_{i+n})/2\pi n$ ,  $A_i$  及  $A_{i+n}$  为自由衰减振动位移随时间变化曲线的第  $i$  个和  $i+n$  个波峰对应的位移,对柱体的振动位移随时间的变化进行频谱分析,得到固有频率。
- [0031] 在一个可能的实施方式中,所述根据所述位移值与所述电压值确定激光位移传感器的标定系数,包括:

[0032] 通过对所述位移值与所述电压值的拟合,得到激光位移传感器的标定系数。

[0033] 在一个可能的实施方式中,以上所有数据通过自主开发的流固土耦合多物理参数同步测试与实时监控系统进行同步测量,便于进行流固耦合分析。

[0034] 在一个可能的实施方式中,结合波流水槽,可以研究多海洋环境下的柱体涡激振动,既可以研究单独海流作用下柱体涡激振动,也可以研究波流共同作用下的柱体涡激振动。

[0035] 本发明实施例提供的微结构阻尼的柱体涡激振动实验装置、模拟方法,可以对柱体人为施加阻尼,实现可控阻尼的柱体涡激振动模拟实验,另外该装置可以研究柱体结构涡激振动触发以及幅频响应特性,尤其是近床面柱体涡激振动,以及海底管道涡激振动与海床冲刷耦合作用等问题,结果可以为工程师设计铺设海底管线提供科学依据。

## 附图说明

[0036] 为了更清楚地说明本说明书实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本说明书实施例中记载的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0037] 图1为本发明实施例的一种微结构阻尼的柱体涡激振动实验装置的结构示意图;

[0038] 图2为本发明实施例的一种柱体涡激振动实验的模拟方法的实施流程示意图;

[0039] 图3为本发明实施例的一种微结构阻尼的柱体涡激振动实验装置及波流水槽的效果图。

## 具体实施方式

[0040] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0041] 为便于对本发明实施例的理解,下面将结合附图以具体实施例做进一步的解释说明,实施例并不构成对本发明实施例的限定。

[0042] 如图1所示,为本发明实施例提供的一种微结构阻尼的柱体涡激振动实验装置的结构示意图,该装置可以包括:大型波流水槽模块、可吊装支撑模块、气浮平台模块、柱体结构模块、弹簧模块、气路模块、测量模块。

[0043] 对于大型波流水槽模块1,在所述大型波流水槽模块1左、右相对的两侧壁上分别横向设置一横梁11,所述大型波流水槽模块侧壁为透明玻璃12,底面为混凝土刚性壁面13。

[0044] 所述可吊装支撑模块2顶部由四根横向型材和两根纵向型材组成的支撑架21置于所述横梁11上,所述可吊装支撑模块2底部22由两根横向型材和两根竖向型材组成,连接于所述支撑架21顶部。

[0045] 所述气浮平台模块,包括基板31、空气轴承32、轴套33、光滑圆轴导轨34、固定支座35、连接板36、吊环37、安装块38,所述基板31固定在所述可吊装支撑模块2底部22,可根据需要调节其高度,空气轴承32套装在光滑圆轴导轨34上并利用轴套33固定,两个轴套33采

用连接板36连接在一起,连接板上固定安装块38,两根光滑圆轴导轨34利用四个固定支座35安装于气浮平台的基板31上,连接板36上安装两个吊环37。

[0046] 针对柱体结构模块4,包括柱体41、配重块42、连接柱体的不锈钢矩形直线导轨43,其中,柱体41,可根据需要更换不同的几何形状和尺寸,配重块42,可根据需要增减配重块调节质量比。所述配重块42放置在所述主体41内,所述不锈钢矩形直线导轨43连接柱体结构,并安装于所述安装块38上。

[0047] 针对所述弹簧模块5,包括升降单元51、一对吊环52和一对弹簧53。升降单元51安装于可吊装支撑模块2的所述支撑架21顶部,采用升降机提升整个运动系统改变柱体和床面之间的距离,所述吊环52安装在所述升降单元51底部;所述弹簧53一端连接在所述吊环52上,另一端连接在所述吊环37之间,使得空气轴承32、轴套33、连接板36、柱体41、配重块42、不锈钢矩形直线导轨43整个运动系统是弹性支承的,可根据需要调节弹簧的刚度。

[0048] 所述气路模块6,包括气泵61、供气管路62,气泵61放置在水槽1外,用供气管路62给空气轴承32供气,高压气体在空气轴承32和光滑圆轴导轨34之间形成气膜,使空气轴承和导轨无结构部件之间的摩擦和碰撞。这样弹性支撑的柱体结构模块4可以自由地在竖直方向上运动。

[0049] 所述测量模块7,包括测量终端71、激光位移传感器72、流速仪、PIV和拉压力传感器,其中对于测量终端71可以是测量计算机71及其采集设备。

[0050] 所述激光位移传感器72安装于可吊装支撑模块2的上部21上,测量管道竖向振动位移;所述拉压力传感器安装于可吊装支撑模块2的上部21上,测量系统质量和标定弹簧的刚度;所述流速仪有两个,分别布置在柱体的上下游侧,测量远场来流流速和柱体尾流速度;所述PIV从柱体下部自下而上打光,测量柱体绕流流场;所述波高仪在柱体上游测量波浪参数;以上所有测量数据通过自主开发的流固土耦合多物理参数同步测试与实时监控系统与测量计算机71连接进行同步测量,便于进行流固耦合分析。

[0051] 如图2所示,为本发明实施例提供的一种柱体涡激振动实验的模拟方法的实施流程图示意图,该方法具体可以包括以下步骤:

[0052] S201,在波流水槽外空气中对装置进行调试;

[0053] S202,向模拟管道施加多个已知的确定位移值,并记录激光位移传感器相应的电压值,根据所述位移值与所述电压值确定激光位移传感器的标定系数;

[0054] 向模拟管道施加多个已知的确定位移值,并记录激光位移传感器相应的电压值,通过对所述位移值与所述电压值的拟合,得到激光位移传感器的标定系数。

[0055] S203,测定装置的结构阻尼;

[0056] 测定装置的结构阻尼,包括:对柱体施加已知的位移激励后释放,以使所述柱体进行自由衰减振动;记录所述柱体的振动位移随时间的变化;将理论预测的响应与实验记录相匹配找到未知的阻尼。

[0057] S204,将装置置于波流水槽,向所述波流水槽中加水至实验水深,调节管道与床面之间的距离,测定装置的固有频率和流体阻尼;

[0058] 将装置吊装进波流水槽实验段,向水槽中加水至实验水深,调节管道与床面之间的距离。测定装置的固有频率和流体阻尼,包括:

[0059] 对所述柱体施加已知的位移激励后释放,以使所述柱体进行自由衰减振动;

[0060] 记录所述柱体的振动位移随时间的变化；

[0061] 将理论预测的响应与实验记录相匹配找到未知的阻尼；

[0062]  $\zeta = \ln(A_i/A_{i+n})/2\pi n$ ,  $A_i$  及  $A_{i+n}$  为自由衰减振动位移随时间变化曲线的第  $i$  个和  $i+n$  个波峰对应的位移, 对柱体的振动位移随时间的变化进行频谱分析, 得到固有频率。此处阻尼包括结构阻尼和流体阻尼。

[0063] S205, 利用波流水槽以产生波浪及水流, 根据预设要求, 改变波浪参数或者按照预设的规则增加流速, 使柱体结构发生涡激振动, 并用终端同步采集结构响应数据和流速流场及波浪数据。

[0064] 打开波流水槽造波系统及造流系统, 根据实验的要求, 改变波浪参数或者均匀缓慢增加流速, 使柱体结构发生涡激振动, 并用计算机同步采集结构响应数据和流速流场以及波浪参数数据。

[0065] 为了对本发明实施例提供的柱体涡激振动实验的模拟方法进行说明, 如图3所示, 提供下列实施例:

[0066] 实施例1、

[0067] 1、在波流水槽外空气中对装置进行调试；

[0068] 2、向模拟管道施加多个已知的确定位移值, 并记录下激光位移传感器相应的电压值, 通过对位移和对应电压值的拟合, 得到激光位移传感器的标定系数；

[0069] 3、测定装置的结构阻尼, 其基本操作如下: a、对柱体施加已知的位移激励后释放, 让其做自由衰减振动; b、记录柱体的振动位移随时间的变化; c、将理论预测的响应与实验记录相匹配找到未知的阻尼；

[0070] 4、将装置吊装进波流水槽实验段, 向水槽中加水至实验水深, 调节管道与床面之间的距离。测定装置的固有频率和流体阻尼, 包括如下步骤: a、对柱体施加已知的位移激励后释放, 让其做自由衰减振动; b、记录柱体的振动位移随时间的变化; c、将理论预测的响应与实验记录相匹配找到未知的阻尼。 $\zeta = \ln(A_i/A_{i+n})/2\pi n$ ,  $A_i$  及  $A_{i+n}$  为自由衰减振动位移随时间变化曲线的第  $i$  个和  $i+n$  个波峰对应的位移。此处阻尼包括结构阻尼和流体阻尼。对柱体的振动位移随时间的变化进行频谱分析, 得到固有频率；

[0071] 5、打开波流水槽造流系统, 根据实验要求, 均匀缓慢增加流速, 使柱体结构发生涡激振动, 并用计算机同步采集结构响应数据和流速、流场数据。

[0072] 实施例2、

[0073] 1、在波流水槽外空气中对装置进行调试；

[0074] 2、向模拟管道施加多个已知的确定位移值, 并记录下激光位移传感器相应的电压值, 通过对位移和对应电压值的拟合, 得到激光位移传感器的标定系数；

[0075] 3、测定装置的结构阻尼, 其基本操作如下: a、对柱体施加已知的位移激励后释放, 让其做自由衰减振动; b、记录柱体的振动位移随时间的变化; c、将理论预测的响应与实验记录相匹配找到未知的阻尼；

[0076] 4、将装置吊装进波流水槽实验段, 向水槽中加水至实验水深, 调节管道与床面之间的距离。测定装置的固有频率和流体阻尼, 包括如下步骤: a、对柱体施加已知的位移激励后释放, 让其做自由衰减振动; b、记录柱体的振动位移随时间的变化; c、将理论预测的响应与实验记录相匹配找到未知的阻尼。 $\zeta = \ln(A_i/A_{i+n})/2\pi n$ ,  $A_i$  及  $A_{i+n}$  为自由衰减振动位移随时

间变化曲线的第*i*个和*i+n*个波峰对应的位移。此处阻尼包括结构阻尼和流体阻尼。对柱体的振动位移随时间的变化进行频谱分析,得到固有频率;

[0077] 5、打开波流水槽造波系统及造流系统,根据实验要求,设置波浪参数,后均匀缓慢增加流速,使柱体结构发生涡激振动,并用计算机同步采集结构响应数据和流速、流场以及波浪参数数据。

[0078] 通过上述对本发明实施例提供的微结构阻尼的柱体涡激振动实验装置、模拟方法的描述,其具有以下有益效果:

[0079] 1、整个装置装配性强,可以在水槽外组装调试,调试完毕可方便吊装进水槽进行实验,后续再进行其他实验不用重复拆解与组装;

[0080] 2、采用空气轴承导向,气泵产生的高压气体在空气轴承和光滑圆轴导轨之间形成气膜,使空气轴承和所述光滑圆轴导轨无结构部件之间的摩擦和碰撞,实现微结构阻尼,柱体可自由在竖直方向上运动,后续可实现对阻尼的可控调节;

[0081] 3、装置的升降装置可以方便调节柱体和床面之间的距离,研究柱体涡激振动的近床面效应;

[0082] 4、柱体系统可以方便改变柱体截面形状、几何尺寸、质量比、甚至可以研究多柱体不同几何尺寸和排布方式下的涡激振动响应;

[0083] 5、结合波流水槽,可以研究多海洋环境下的柱体涡激振动,既可以研究单独海流作用下柱体涡激振动,也可以研究波流共同作用下的柱体涡激振动。

[0084] 专业人员应该还可以进一步意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、计算机软件或者二者的结合来实现,为了清楚地说明硬件和软件的可互换性,在上述说明中已经按照功能一般性地描述了各示例的组成及步骤。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0085] 结合本文中所公开的实施例描述的方法或算法的步骤可以用硬件、处理器执行的软件模块,或者二者的结合来实施。软件模块可以置于随机存储器(RAM)、内存、只读存储器(ROM)、电可编程ROM、电可擦除可编程ROM、寄存器、硬盘、可移动磁盘、CD-ROM、或技术领域内所公知的任意其它形式的存储介质中。

[0086] 以上所述的具体实施方式,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施方式而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

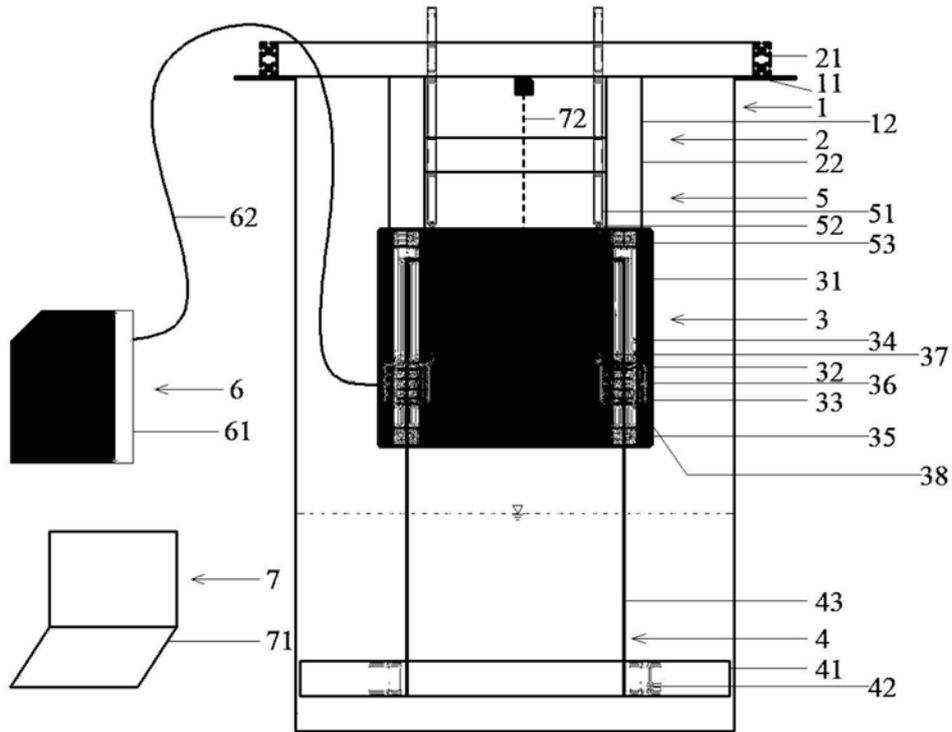


图1

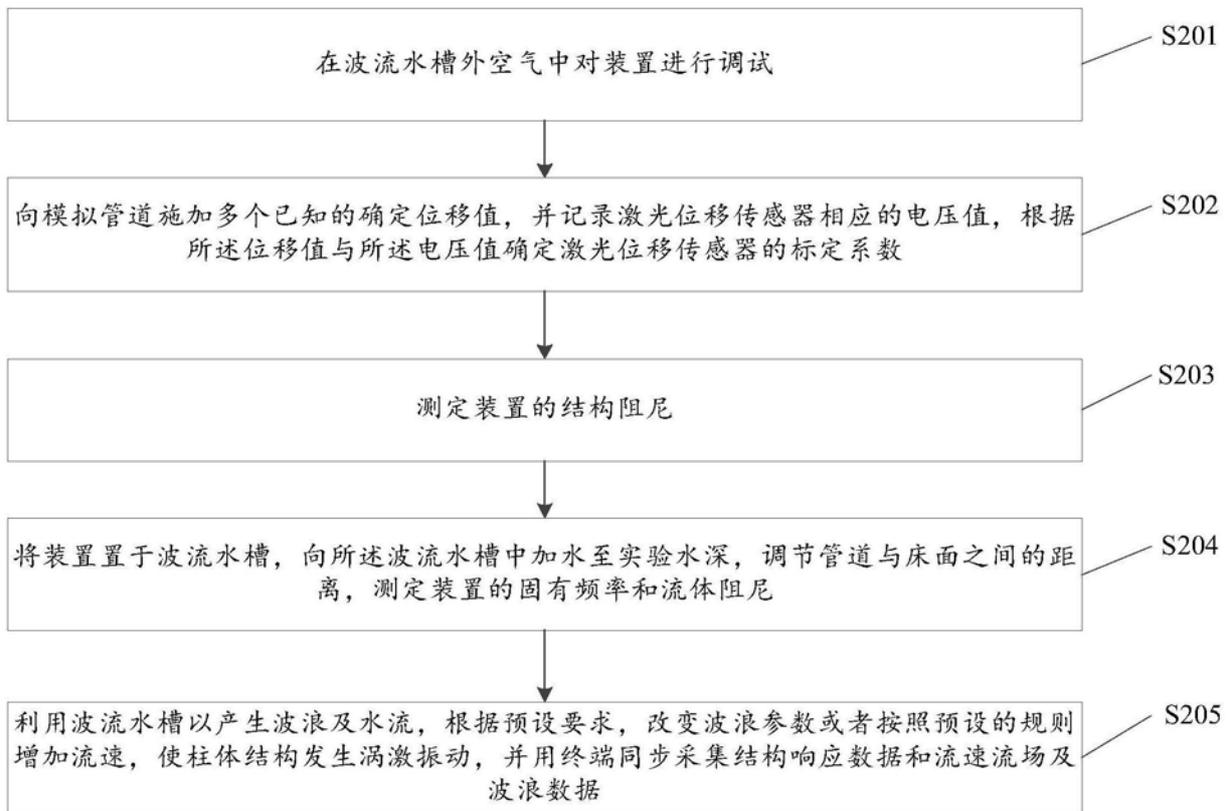


图2

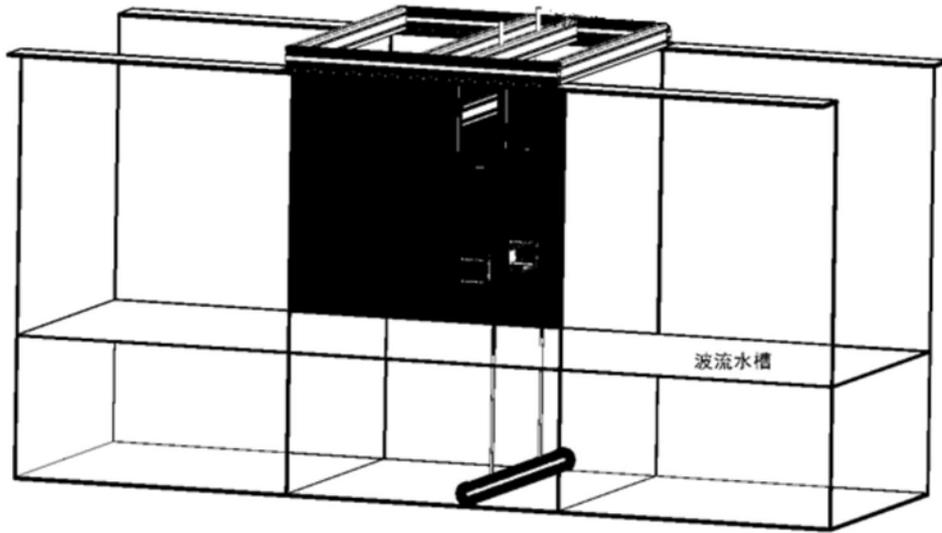


图3