



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113987680 A

(43) 申请公布日 2022.01.28

(21) 申请号 202111278609.1

(22) 申请日 2021.10.31

(71) 申请人 中国地质大学(北京)

地址 100083 北京市海淀区学院路29号中  
国地质大学(北京)工程技术学院探工  
楼503

申请人 中国地质大学(北京)郑州研究院

(72) 发明人 唐云龙 李梓豪 岳文 康嘉杰  
杨义勇

(51) Int. Cl.

G06F 30/15 (2020.01)

G06F 30/20 (2020.01)

G06F 113/08 (2020.01)

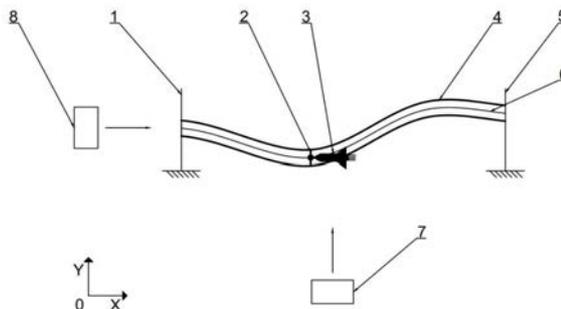
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种水下航行器运动耦合的实验方法及装置

(57) 摘要

本发明是一种对水下航行器添加约束并观测的装置与方法。首先,使用刚性材质在水下固定一条路径。连接装置同时连接刚性路径与航行器,连接装置与路径采用滑轮连接,航行器前端与连接装置连接并且航行器保留与连接处的两个转动自由度。航行器由尾部产生推力前进。将连接装置于路径起点,启动航行器,使用摄影机以一定频率记录航行器从起点到终点的过程数据。通过观测航行器在特定轨迹的运动并记录其运动状态的数据,本发明提供了一种分析水下航行器在特定轨迹的速度矢量分布与加速度矢量分布的方法与装置。



1. 一种在特定轨迹运行的水下航行系统装置,其特征在於,该系统包括特定运动轨迹6、刚性路径4、连接机构2、航行器3、摄像机组7、8,第一固定装置1,第二固定装置5。第一固定装置1和第二固定装置5将刚性路径固定。连接机构同时连接航行器与刚性轨道,使得航行器沿着特定运动轨道运行。

2. 根据权利要求1所述的一种对进行特定轨迹的水下航行系统装置,其特征在於,运动轨迹满足表达式:

$$f = f(x, y, z)$$

其中 $f$ 为预先设置的函数, $f$ 是一条连续可导三维曲线。

刚性路径的走向与函数 $f$ 相关。刚性路径由四根刚性圆条组成,若以水下航行器运动轨迹绘制一定半径的假想管道,则四根圆条均处在一条具有一定直径的管道上,如图二所示。

3. 根据权利要求1所述的一种对进行特定轨迹的水下航行系统装置,其特征在於,连接机构同时连接刚性路径与航行器。

连接机构中心与航行器头部连接处保留航行器沿着X、Z(垂直于图一方向为Z轴方向)两个方向的旋转自由度,如图一所示。

连接机构与刚性线条使用滑轮连接,如图三所示,若以连接装置与路径接触的四点建立平面,可知其法线与路径切线始终重合。

4. 根据权利要求1所述的一种对进行特定轨迹的水下航行系统装置,其特征在於,连接机构的中心位置即与航行器前端连接处的运行轨迹与特定运动轨迹重合。

5. 根据权利要求1所述的一种对进行特定轨迹的水下航行系统装置,其特征在於,根据实验所需,航行器可由喷气驱动、亦可由电力驱动。

6. 根据权利要求1所述的一种对进行特定轨迹的水下航行系统装置,其特征在於,如图一,采用摄像机组7、8对航行器进行拍摄,每个摄像机负责拍摄一段区域S。

$\theta$ 代表每个摄像机的有效角度, $h$ 代表摄像机与轨道的距离,则应保持每隔距离S摆放摄像机,其中S的表达式为:

$$S = 2h \frac{\sin \frac{\theta}{2}}{\cos \frac{\theta}{2}}$$

摄像机具体摆放如图四, A0B0C0D0-A1B1C1D1为包含轨迹函数 $f$ 的三维空间,函数 $f$ 的对平面A0D0A1D1、D0C0D1C1、A1B1C1D1的投影分别对摄像机组14、摄像机组13、摄像机组12呈可观察状态。

7. 一种对水下航行器进行特定轨迹运动研究的方法,其特征在於,具体步骤为:

一,在水环境下固定一条刚性路径,存在一个航行器,航行器能够沿着轨道运动,且航行器只由自身动力系统推进。

二,控制航行器运行速率,将航行器置于轨道起点启动,在到达轨道末端为止对航行器

运行状态数据进行记录。

三,量化摄像机获取的数据,将图像处理为以一定间隔的图片。通过对数据进行数学处理,可以得到航行器在各个位置的速度矢量与加速度矢量;观测各个时刻航行器尾部气体射流的状态。

8.根据权利要求7所述的一种对水下航行器进行特定轨迹运动研究的方法,其特征在于,水下环境为模拟一定水深的静水压,根据实验所需可设置沿着某一方向的来流以探究航行器自身推动力与一定速率的水流共同作用下的运行规律。

9.根据权利要求7所述的一种对水下航行器进行特定轨迹运动研究的方法,其特征在于,将航行器置于轨道起点时,航行器方向沿着起点法线方向,或根据实验具体要求,航行器起点方向为与法线方向具有一定角度的矢量方向。

## 一种水下航行器运动耦合的实验方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及水下航行器运动与流体动力学领域。

### 背景技术

[0002] 海洋是人类生存和可持续发展的重要领域,海洋的开发和利用已成为决定国家兴衰的基本因素之一。从 1994年“联合国海洋法公约”生效以来,产生了海洋国土新概念。而管辖海区的国土化,大大强化了海洋对国家命运的重大影响,也大大提高了海洋的战略地位,使海洋权益、海洋开发和海洋环境成为世界各国普遍关注的焦点。同时,争夺海洋国土、海洋资源和海洋通道的斗争日趋激烈。因此,海洋的开发将是21世纪重要的研究发展领域,也是世界各国争夺的另一主要战场

水下航行器作为一种高技术手段,在海底这块人类未来极具价值的发展空间中起着至关重要的作用,发展水下航行器的意义是显而易见的。人们获取海洋数据的方法目前是昂贵且有限的。

[0003] 本发明通过模拟水下航行器在特定轨道上的运行,提供了一种对水下航行器在目标轨迹运行下的研究方法。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种对水下航行器添加约束并观测的装置与方法。通过该系统装置和方法实现模拟航行器在水下的常规运行,针对某一路径下的运行测量,使用摄像机对图像进行记录,观测进行数据处理后可得航行器在关于路径  $f = f(x, y, z)$  上的速度矢量分布与加速度矢量分布。

[0005] 本发明的目的是提供一种对水下航行器添加约束并观测的装置与方法,具体如下:

一种在特定轨迹运行的水下航行系统装置,包括特定运动轨迹、刚性路径、连接机构、航行器、供气装置、摄像机组。连接机构同时连接刚性路径与航行器。第一固定装置和第二固定装置将刚性路径固定。航行器通过连接机构其运行路径被限定在特定运动轨迹中。

[0006] 运动轨迹满足表达式:

$$f = f(x, y, z)$$

其中  $f$  为预先设置的函数,  $f$  是一条连续可导三维曲线。

[0007] 所述刚性路径由四根刚性圆条组成,刚性路径的走向根据函数  $f$  设置。若以水下航行器运动轨迹绘制一定半径的假想管道,则四根圆条的中心均处在一条具有一定直径的管道上。

[0008] 所述连接机构与刚性线条使用滑轮连接,以连接装置与路径接触的四点建立平面,其法线与路径切线始终重合。连接机构中心与航行器头部连接处保留航行器沿着 X、Z

(垂直于图一方向为Z轴方向)两个方向的旋转自由度,如图一所示。

[0009] 优选的,根据实验所需,航行器可由喷气驱动、亦可由电力驱动。

[0010] 优选的,所述连接机构的中心位置即与航行器前端连接处的运行轨迹与特定运动轨迹重合

优选的,采用摄像机组对航行器进行拍摄,每个摄像机负责拍摄一段区域S。

[0011]  $\theta$ 代表每个摄像机的有效角度, $h$ 代表摄像机与轨道的距离,则应保持每隔距离S摆放摄像机,其中S的表达式为:

$$S = 2h \frac{\sin \frac{\theta}{2}}{\cos \frac{\theta}{2}}$$

$\theta$ 代表每个摄像机的有效角度, $h$ 代表摄像机与轨道的距离,则应保持每隔距离S摆放摄像机,其中S的表达式为:

$$S = 2h \frac{\sin \frac{\theta}{2}}{\cos \frac{\theta}{2}}$$

摄像机具体摆放如图四, A0B0C0D0-A1B1C1D1为包含轨迹函数 $f$ 的三维空间,函数 $f$ 的对平面A0D0A1D1、D0C0D1C1、A1B1C1D1的投影分别对摄像机组14、摄像机组13、摄像机组12呈可观察状态。

[0012] 一种对水下航行器进行特定轨迹运动研究的方法,其特征在于,具体步骤为:

一,在水环境下固定一条刚性路径,存在一个航行器,航行器能够沿着轨道运动,且航行器只由自身动力系统推进。

[0013] 二,控制气体喷出速率,将航行器置于轨道起点启动,在到达轨道末端为止对航行器运行状态数据进行记录。

[0014] 三,量化摄像机获取的数据,将图像处理为以一定间隔的图片。通过对数据进行数学处理,可以得到航行器在各个位置的速度矢量与加速度矢量;观测各个时刻航行器尾部气体射流的状态。

[0015] 优选的,水下环境为模拟一定水深的静水压,根据实验所需可设置沿着某一方向的来流以探究航行器自身推动力与一定速率的水流共同作用下的运行规律。

[0016] 优选的,将所述航行器置于轨道起点时,航行器方向沿着起点法线方向,或根据实验具体要求,航行器起点方向为与法线方向具有一定角度的矢量方向。

[0017] 本发明的优点

在一般的水下航行器运动中,通常会遇到水下环境复杂多变的情况,在各种因素影响下航行器运动情况的分析难以进行。

[0018] 本发明适用于已知航行器轨迹的航行器运动分析情况,在提供了目标运行轨迹的情况下,设置相同轨迹轨道对目标运行轨迹进行推演,通过设置不同静水压与某方向的来流,使用摄像机记录航行器运动特征,完成航行器运动参数的逆推。

[0019] 对于环境复杂航行器参数难以预测的场景,可记录下其环境中航行器运行期轨迹,使用此发明对其余参数进行逆推。此发明为此提供了一种供其参考的得到航行器运行参数的方法与装置。

### 附图说明

- [0020] 图1:装置运行示意图。  
 [0021] 图2:刚性路径示意图。  
 [0022] 图3:连接装置剖面图。  
 [0023] 图4:摄像机组设置示意图。

### 具体实施方式

[0024] 一种在特定轨迹运行的水下航行系统装置,如图一所示,包括特定运动轨迹6、刚性路径4、连接机构2、航行器3、摄像机组7、8。连接机构同时连接刚性路径与航行器。航行器通过连接机构其运行路径被限定在特定运动轨迹中。

[0025] 一种对水下航行器进行特定轨迹运动研究的方法,包括以下步骤  
 首先,预先设置好航行器的轨迹,运动轨迹满足表达式:

$$f = f(x, y, z)$$

$f$ 为预先设置的函数,是一条连续可导三维曲线。

[0026] 第二,根据实验具体所需,设置一定静水压的水环境,实验若有额外需要,可设置一条或多条沿着某一方向的来流。在此环境下通过第一固定装置和第二固定装置将刚性路径固定,刚性路径由四条刚性圆条组成。刚性路径的走向根据函数 $f$ 设置,若以水下航行器运动轨迹绘制一定半径的假想管道,则4根圆条的中心均处在一条具有一定直径的管道上。

[0027] 第三,连接机构同时连接航行器与刚性轨道,使得航行器可沿着刚性路径移动。所述连接机构与刚性线条使用滑轮连接,以连接装置与路径接触的四点建立平面,其法线与路径切线始终重合。连接机构中心与航行器头部连接处保留航行器沿着X、Z(垂直于图一方向为Z轴方向)两个方向的旋转自由度,如图一所示。连接机构的中心位置即与航行器前端连接处的运行轨迹与特定运动轨迹重合。

[0028] 第四,将航行器置于轨道起点。航行器方向沿着起点法线方向,或根据实验具体要求,航行器起点方向为与法线方向具有一定角度的矢量方向。控制航行器运行速率,启动航行器,在到达轨道末端为止对航行器运行状态数据进行记录。

[0029] 第五,采用摄像机组对航行器进行拍摄,每个摄像机负责拍摄一段区域 $S$ 。 $\theta$ 代表每个摄像机的有效角度, $h$ 代表摄像机与轨道的距离,则应保持每隔距离 $S$ 摆放摄像机,其中 $S$ 的表达式为:

$$S = 2h \frac{\sin \frac{\theta}{2}}{\cos \frac{\theta}{2}}$$

量化摄像机获取的数据,将图像处理为以一定间隔的图片。通过对数据进行数学处理,可以得到航行器在各个位置的速度矢量与加速度矢量;观测各个时刻航行器尾部气体射流的状态。若是研究以三维曲线路径应当使用两组摄像机组,两组摄像机所对方向分别与X轴Y轴方向平行。

[0030] 尽管已经示出和描述了本发明技术方案中的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对其进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

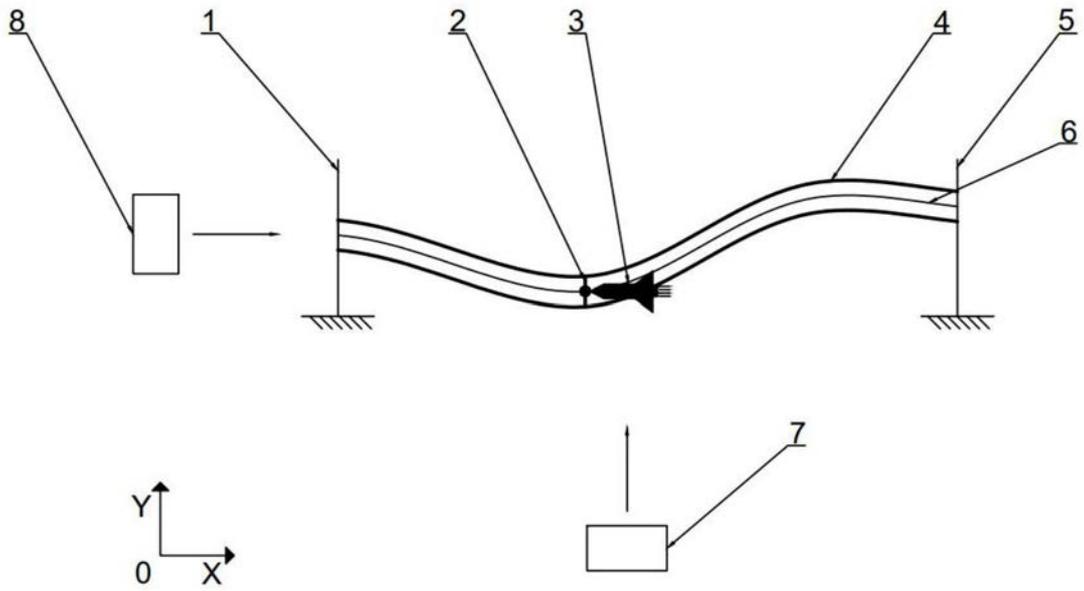


图1

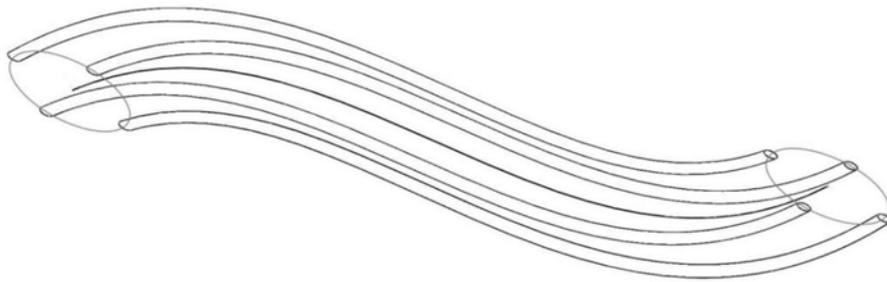


图2

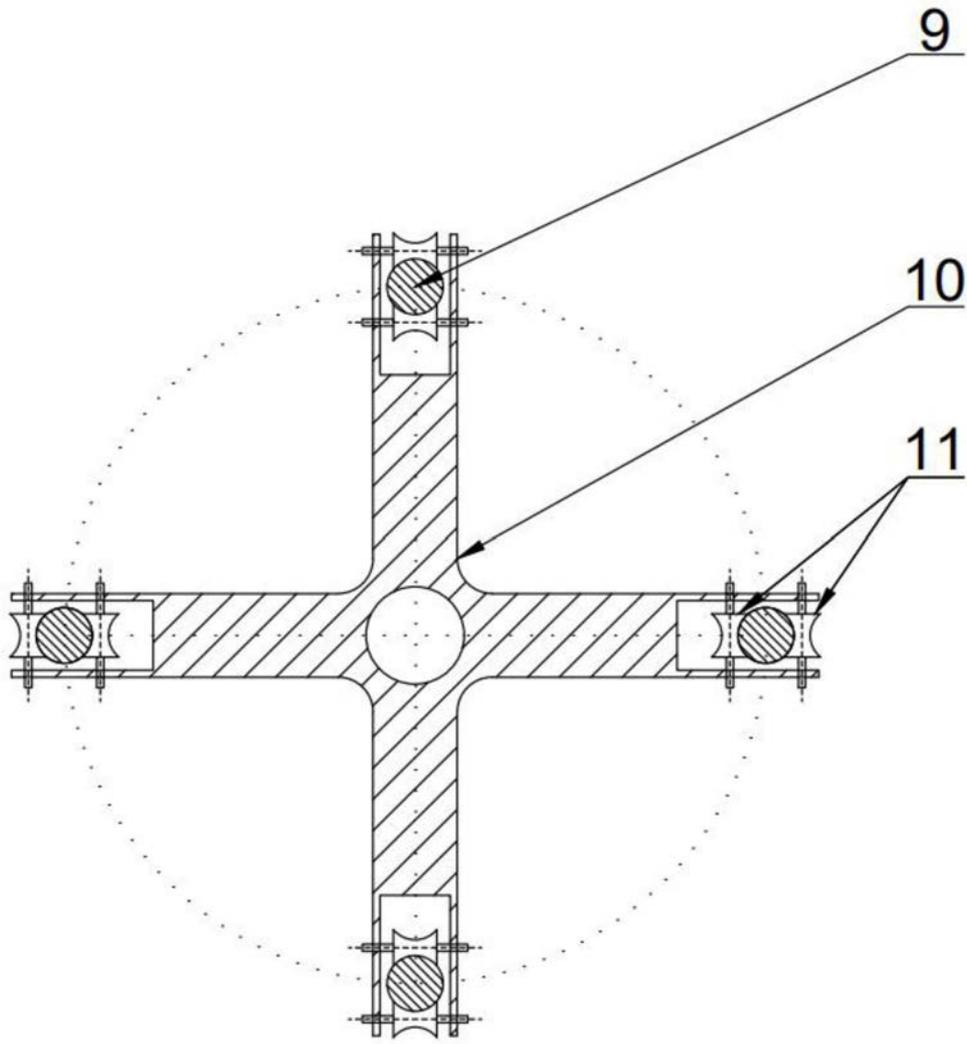


图3

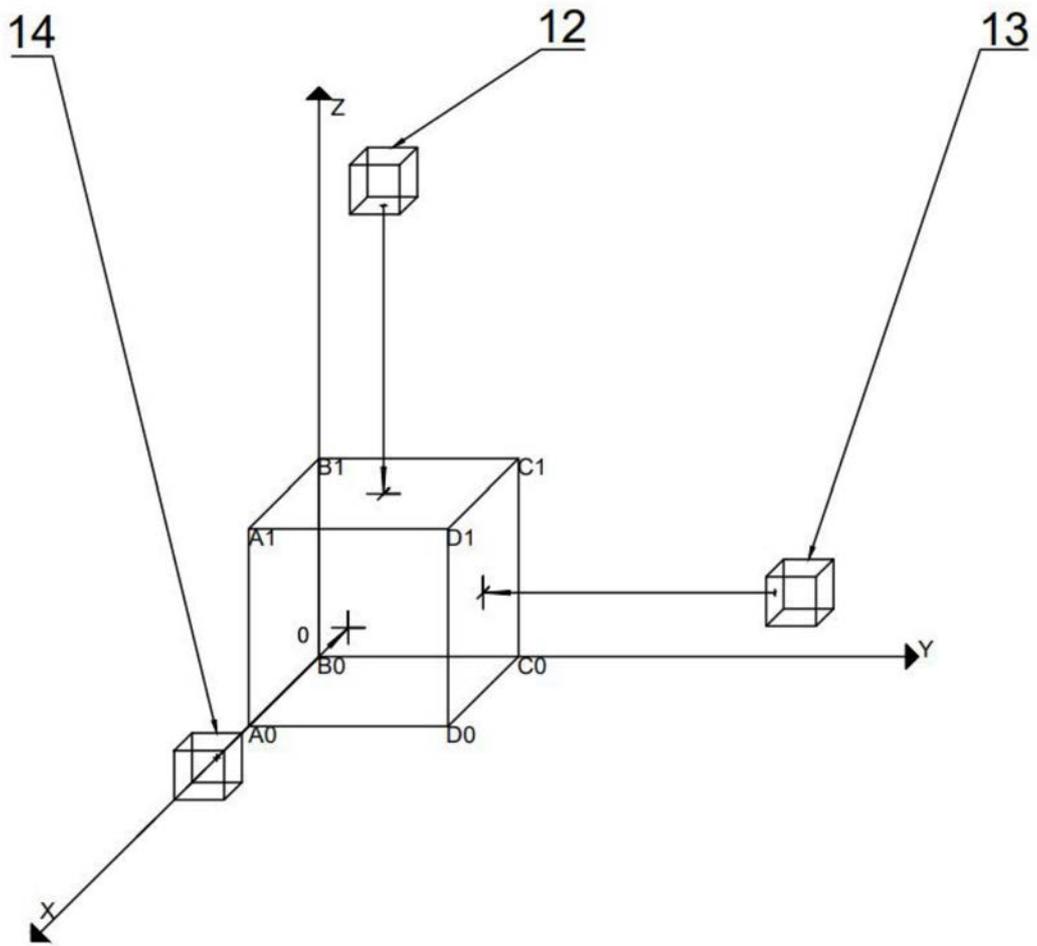


图4