



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106295012 A

(43)申请公布日 2017.01.04

(21)申请号 201610663581.6

(22)申请日 2016.08.13

(71)申请人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市高新园区凌工路2号

(72)发明人 林焰 刘戈 叶超 裴斐 王春雷 蒋晓宁

(74)专利代理机构 大连星海专利事务所 21208

代理人 花向阳 杨翠翠

(51)Int.Cl.

G06F 17/50(2006.01)

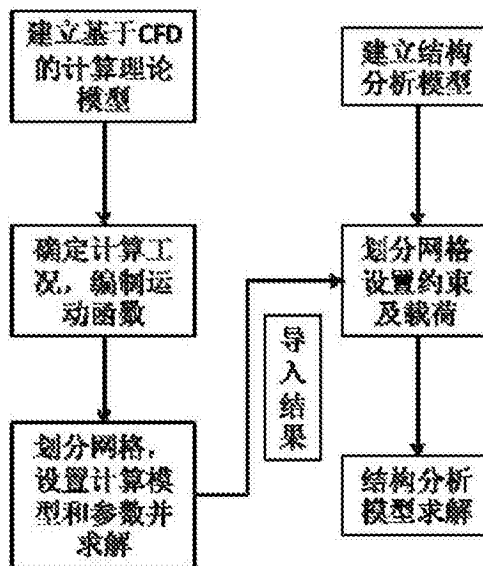
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

考虑晃荡载荷的LNG独立C型液货舱结构分析方法

(57)摘要

一种考虑晃荡载荷的LNG独立C型液货舱结构分析方法,属于船舶与海洋工程领域。其步骤为:1)将实船LNG独立C型舱简化为基于CFD计算的理论模型;2)确定计算工况,作为计算的输入条件;3)对理论模型进行网格划分,并指定边界条件,选择湍流和多相流模型,使用CFD数值模拟的方法求解出计算模型流场结果;4)建立实船LNG独立C型舱的结构分析模型;5)将结构分析模型进行网格划分,指定结构的材料参数,并建立约束条件;6)流场计算结果作为结构分析模型的载荷;7)对结构分析模型进行求解,其计算结果可指导LNG独立C型舱的优化设计。通过数值计算进行LNG独立C型舱的晃荡载荷分析,在精确预报晃荡载荷的同时,分析晃荡载荷对结构强度的影响,形成了船用LNG独立C型舱的设计方法。



1.一种考虑晃荡载荷的LNG独立C型液货舱结构分析方法,其特征是:所述方法包含以下步骤:

(1)基于实船LNG独立C型舱,建立CFD计算理论模型;CFD计算理论模型包括对实船LNG独立C型舱内影响流体流动的加强环、制荡舱壁模型,加强环、制荡舱壁模型在CFD计算理论模型中,简化为忽略厚度且无流水孔的面模型;

(2)按照设计工况,确定激励晃荡的运动形式,以及激励幅值与激励频率,并使用数学函数进行表达,作为激励晃荡的输入条件;

(3)对建立的CFD计算理论模型进行网格划分,并指定整个CFD计算理论模型的边界条件;确定舱内LNG的液态及气态的物理参数,选择湍流模型、多相流模型;基于CFD理论进行数值模拟计算,得到模型内部的流场情况,提取计算结果;湍流模型、多相流模型分别使用考虑旋转流的双方程湍流模型以及表达相间明确界面的多相流模型;

(4)对实船LNG独立C型舱建立结构分析计算模型;结构分析计算模型除LNG独立C型舱体外,还包含LNG独立C型舱的结构支撑构件:加强环、加强筋以及鞍座;

(5)对结构分析模型进行网格划分,按照实船LNG独立C型舱的结构材料属性,进行材料参数的输入,依照实船LNG独立C型舱的结构形式建立约束条件;

(6)将步骤(3)计算出的流场结果加入至结构分析模型对应的位置,作为结构分析的晃荡载荷;晃荡载荷按照网格节点的坐标位置,将载荷导入至结构分析模型中;

(7)利用有限元的离散方式对结构分析模型进行求解,并将计算得出的应力和变形分析结果用于实船LNG独立C型舱的结构优化设计。

## 考虑晃荡载荷的LNG独立C型液货舱结构分析方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种考虑晃荡载荷的LNG独立C型液货舱结构分析方法,属于船舶与海洋工程领域。

### 背景技术

[0002] 随着世界范围内清洁能源的推广,LNG产业越来越受到关注。在船舶与航运工程领域,产生了柴油与LNG双燃料船用主机;为了供给LNG燃料,LNG加注船也应运而生。船对船的加注LNG方式,不但可以在船舶靠港时加注LNG,也可以在船舶停留锚地或航行过程中进行LNG加注,方便了过往船舶对LNG燃料的需求。LNG独立C型舱因其技术相对简单,成本低廉,成为LNG燃料罐与中小型加注船、运输船,以及浮式LNG生产液化储存装备的首选舱型。但是,除LNG运输船液货舱外,LNG加注船、船用燃料罐和浮式LNG生产液化储存装备因它们的作业方式会出现舱内半载的工况,其晃荡载荷会对液舱的结构强度产生较大影响。目前对于晃荡载荷的预报,主要通过试验手段,晃荡载荷对结构强度的影响,主要是通过增加结构安全系数的保守方法去设计罐体结构强度。因此,急需提出一种准确、高效而又符合实际情况的、考虑晃荡载荷的LNG独立C型舱的结构设计方法是非常有必要的。

[0003] 在此背景下,本发明提出使用CFD方法对晃荡载荷进行预报,由于有船体运动激励,所计算得出的流场载荷即为液舱内的晃荡载荷,将其按照节点坐标的位置,导入至相应的结构分析模型中,使用有限元的方法进行结构分析,得出液舱受到晃荡载荷时的结构应力及变形结果。本方法可以对晃荡载荷进行准确的预报,还可以将计算结果直接用于结构计算,增强了结构分析的准确性,是一种高效、精确、可控的计算方法。

### 发明内容

[0004] 为了更精确地求解晃荡载荷,以及建立船用LNG独立C型舱的结构设计方法体系,提出一种基于CFD算法的考虑晃荡载荷的LNG独立C型液货舱结构分析方法。

[0005] 本发明采用的技术方案是:一种考虑晃荡载荷的LNG独立C型液货舱结构分析方法,所述方法包含以下步骤:

[0006] (1)基于实船LNG独立C型舱,建立CFD计算理论模型;CFD计算理论模型包括对实船LNG独立C型舱内影响流体流动的加强环、制荡舱壁模型,加强环、制荡舱壁模型在CFD计算理论模型中,简化为忽略厚度且无流水孔的面模型;

[0007] (2)按照设计工况,确定激励晃荡的运动形式,以及激励幅值与激励频率,并使用数学函数进行表达,作为激励晃荡的输入条件;

[0008] (3)对建立的CFD计算理论模型进行网格划分,并指定整个CFD计算理论模型的边界条件;确定舱内LNG的液态及气态的物理参数,选择湍流模型、多相流模型;基于CFD理论进行数值模拟计算,得到模型内部的流场情况,提取计算结果;湍流模型、多相流模型分别使用考虑旋转流的双方程湍流模型以及表达相间明确分界面的多相流模型;

[0009] (4)对实船LNG独立C型舱建立结构分析计算模型;结构分析计算模型除LNG独立C

型舱体外,还包含LNG独立C型舱的结构支撑构件:加强环、加强筋以及鞍座;

[0010] (5)对结构分析模型进行网格划分,按照实船LNG独立C型舱的结构材料属性,进行材料参数的输入,依照实船LNG独立C型舱的结构形式建立约束条件;

[0011] (6)将步骤(3)计算出的流场结果加入至结构分析模型对应的位置,作为结构分析的晃荡载荷;晃荡载荷按照网格节点的坐标位置,将载荷导入至结构分析模型中;

[0012] (7)利用有限元的离散方式对结构分析模型进行求解,并将计算得出的应力和变形分析结果用于实船LNG独立C型舱的结构优化设计。

[0013] 本发明的有益效果和优点为:(1)本方法用数值的方式通过对流场中晃荡现象的模拟,更加准确地预报了晃荡载荷;(2)相比于试验预报晃荡载荷,更加高效,更低成本;(3)同时去除了试验中的缩尺比对结果换算的影响,增强了载荷预报结果的精确性;(4)计算得出的流场晃荡载荷,可以直接施加至结构分析模型中,免去了数据二次导入的重复性工作而带来的麻烦。

## 附图说明

[0014] 图1是本方法的计算流程图。

[0015] 图2是实船LNG独立C型舱的CFD计算理论模型。

[0016] 图3是CFD计算理论模型的网格图。

[0017] 图4是实船LNG独立C型舱的结构分析模型。

[0018] 图5是结构分析模型的网格图。

[0019] 图中:1、罐体,2、加强环,3、制荡舱壁,4、加强筋,5、鞍座。

## 具体实施方式

[0020] 下面针对附图1的计算流程,结合其他附图对本发明的具体实施步骤进行详细说明。

[0021] (1)建立基于CFD的计算理论模型

[0022] 图2示出了为了进行晃荡载荷预报而建立的CFD计算理论模型,模型包括罐体1,加强环2。

[0023] (2)确定计算工况及编制运动函数

[0024] 对所计算的工况进行分析,确定激励LNG独立C型舱的运动幅值,包括平移方向的幅值和旋转方向的角度幅值,以及激励运动的频率;分析运动形式,将其编制成位移或速度函数,作为计算的输入条件。

[0025] (3)划分网格,设置计算模型和参数并求解

[0026] 图3示出了CFD计算理论模型划分非结构网格之后的整体图,对整个模型指定边界条件为:不可穿越的固壁。设置时间的差分格式为瞬态计算,选择体积分数(Volume of Fraction,VOF)模型作为描述自由液面的多相流模型,设置湍流模型为考虑旋转流的k- $\epsilon$ 双方程模型,求解模型的N-S方程,得出LNG独立C型舱内的静压力场,即晃荡载荷分布。

[0027] 上述划分网格过程,可以使用商业软件ANSYS ICEM,或任意划分结构网格的软件及程序实现。

[0028] 上述数值计算过程,可以使用商业软件ANSYS Fluent,或任意基于CFD理论的数值

计算的软件及程序实现。

[0029] (4)建立结构分析模型

[0030] 对实船LNG独立C型舱建立结构分析模型,模型应包括支持LNG结构的加强环2、加强筋4与鞍座5,图4示出了LNG独立C型舱的结构分析模型。

[0031] (5)划分网格,设置约束及载荷

[0032] 图5示出了对结构分析模型进行以三角形网格为主的网格划分,之后设置鞍座5为全固定约束条件及除轴向方向可移动外进行全固定约束。

[0033] 上述网格划分过程,以及约束条件设定可使用任意基于有限元方法的软件实现。

[0034] (6)导入流场计算结果

[0035] 将步骤(3)计算出的流场情况,进行压力场的提取,提取结果作为晃荡载荷的分布情况,按照节点坐标对应位置,作为载荷条件施加至结构分析模型中。

[0036] 上述载荷施加过程可使用网格映射方法,即将源网格节点的计算值,按照网格节点对应的方式对应至目标网格节点上,若无法找到对应源网格的节点,则由较近的源网格节点插值生成对应节点计算值。

[0037] (7)结构分析模型求解

[0038] 将设置完约束条件,并施加载荷的结构分析模型,利用时间差分的动态求解方法,使用基于有限元的方法进行求解,提取计算后的有限元应力变形结果,指导LNG独立C型舱结构进行优化设计。

[0039] 上述实施例仅用于说明本发明,其中各部件的结构、连接方式和制作工艺等都是可以有所变化的,凡是在本发明技术方案的基础上进行的等同变换和改进,均不应排除在本发明的保护范围之外。

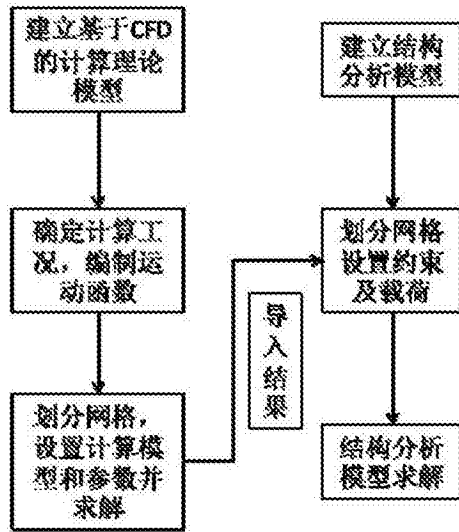


图1

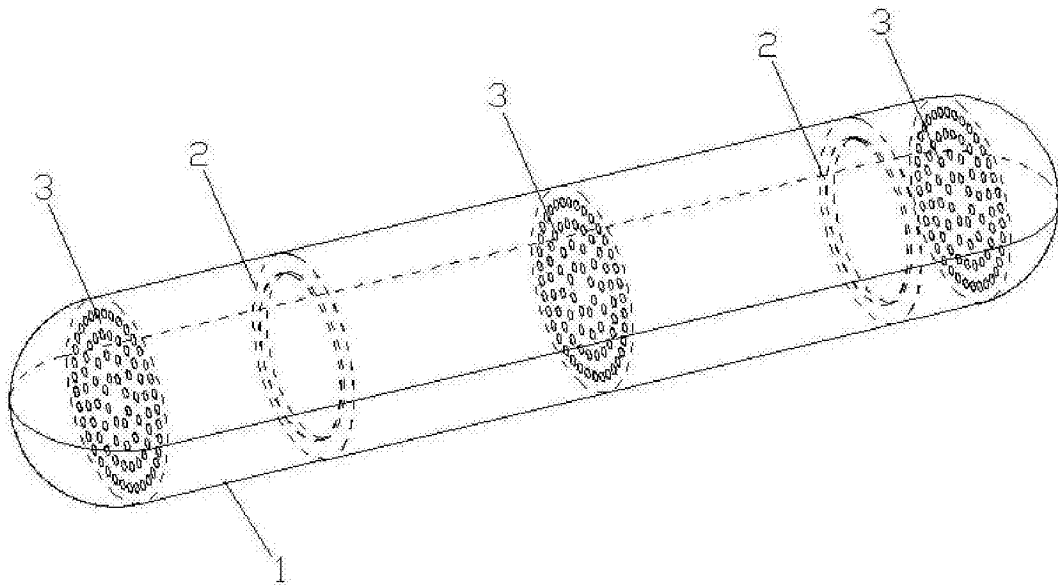


图2

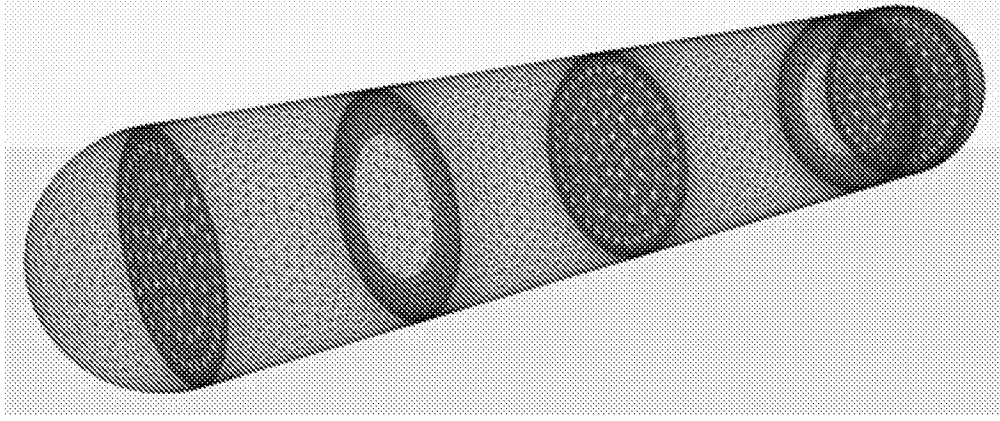


图3

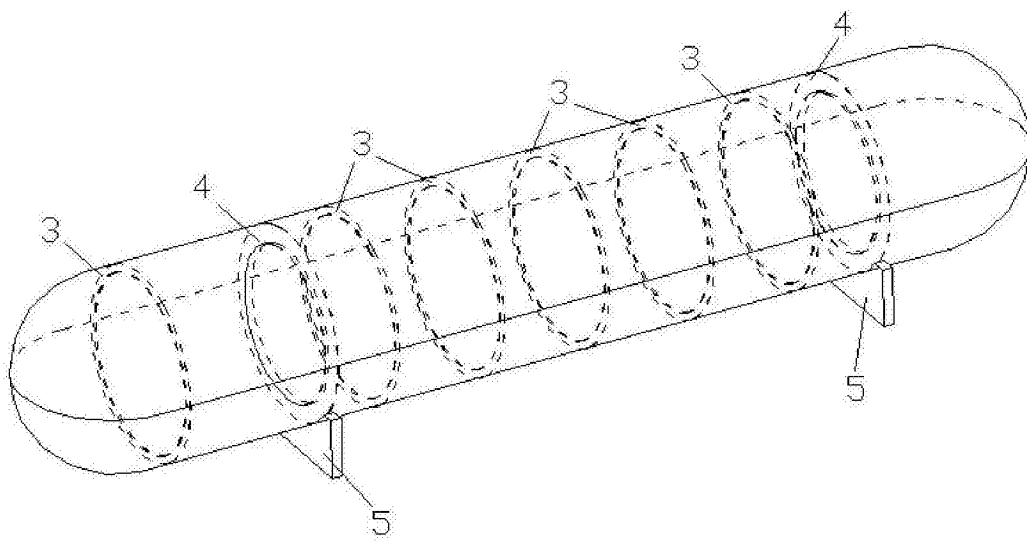


图4

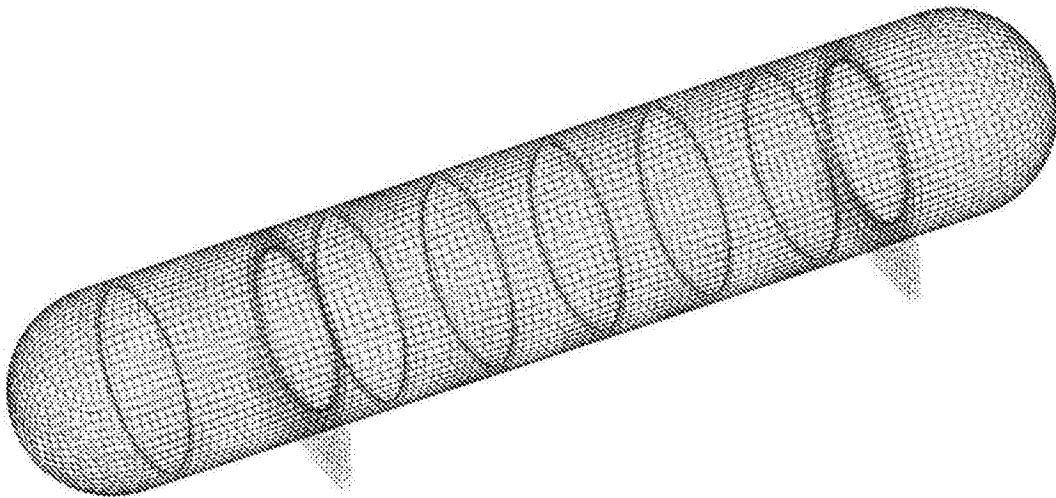


图5