

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102435504 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 02

(21) 申请号 201110419519. X

(22) 申请日 2011. 12. 15

(71) 申请人 中国石油天然气股份有限公司
地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号中国石油大厦

(72) 发明人 王富祥 冯庆善 周利剑 陈健
王婷 张华兵 宋汉成 张海亮
曹涛

(74) 专利代理机构 北京市中实友知识产权代理
有限责任公司 11013
代理人 金杰 任清汉

(51) Int. Cl.
G01N 3/12(2006. 01)
G01N 3/20(2006. 01)

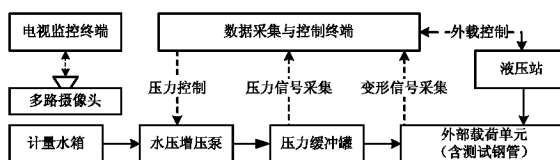
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种在役管道复合载荷模拟测试方法和系统

(57) 摘要

本发明是一种在役管道复合载荷模拟测试方法和系统,涉及管道系统技术领域。它是先将管道固定在外部载荷系统上,注水排气后,使用增压泵内部增压,然后通过外部载荷系统施加弯曲载荷与轴向载荷,测试钢管在内压、弯曲载荷、轴向载荷共同作用下管道的承压能力和失效模式。本发明具有模拟管道受内压、弯曲载荷及轴向载荷三种载荷的功能、具备开展在单一载荷或复合载荷作用下的含缺陷管道或修复后管道的失效测试能力。



1. 一种在役管道复合载荷模拟测试方法,其特征是先将管道固定在外部载荷系统上,注水排气后,使用增压泵内部增压,然后通过外部载荷系统施加弯曲载荷与轴向载荷,测试钢管在内压、弯曲载荷、轴向载荷共同作用下管道的承压能力和失效模式。

2. 根据权利要求 1 所述的一种在役管道复合载荷模拟测试方法,其特征是具体为:测试钢管 (2) 两端密封,在靠近两端处各有注水排气口 I(13) 和注水排气口 II(14);将测试钢管 (2) 吊装到支撑钢架 (1) 的支撑点 I(3)、支撑点 II(4) 上,且支撑点 I(3)、支撑点 II(4) 位于测试钢管 (2) 的两端,安装固定好 U 型固定环 I(11) 和 U 型固定环 II(12);在安装的 U 型固定环 I(11) 和 U 型固定环 II(12) 之间的测试钢管 (2) 上部安装液压缸 I(5)、液压缸 II(6) 及加载臂 I(7)、加载臂 II(8),且加载臂 I(7)、加载臂 II(8) 触及测试钢管 (2);在测试钢管一端的密封处安装一液压缸 III(9) 及触及测试钢管 (2) 的加载臂 III(10);将测试钢管 (2) 与液压缸的加载臂 I(7)、加载臂 II(8)、加载臂 III(10) 连接好,注水排气后,通过增压泵向测试钢管 (2) 中施压内压,同时通过液压缸 I(5)、液压缸 II(6) 向测试钢管 (2) 施加四点弯曲载荷,通过液压缸 III(9) 向测试钢管 (2) 施加轴向载荷,检测测试钢管 (2) 在内压、弯曲载荷、轴向载荷共同作用下的承压能力和失效模式;

具体步骤为:

1) 将测试钢管 (2) 吊装到支撑点 I(3)、支撑点 II(4) 上,将测试钢管 (2) 与液压缸的加载臂 I(7)、加载臂 II(8)、加载臂 III(10) 连接好,固定好 U 型固定环 I(11)、U 型固定环 II(12),连接好数据采集系统;

2) 通过注水排气口 I(13)、注水排气口 II(14) 注水排气后,通过增压泵向测试钢管 (2) 中施压到设定值的内压;

3) 通过液压缸 I(5)、液压缸 II(6) 向测试钢管 (2) 施加四点弯曲载荷,根据测试需要可通过设定最大弯曲载荷或最大弯曲位移量来控制弯曲载荷;

4) 通过液压缸 III(9) 向测试钢管 (2) 施加轴向载荷,根据测试需要可通过设定轴向载荷或最大轴向位移量来控制轴向载荷;

5) 根据测试需要调节内压、弯曲载荷或轴向载荷,直到达到测试设计要求;

6) 测试过程中数据采集单元采集内压、弯曲载荷、轴向载荷及测试管道 (2) 的屈服压力、爆破压力等重要参数;数据监控单元监控并记录整个测试过程中各个监控位置管道状态的变化。

3. 一种如权利要求 1 所述方法的在役管道复合载荷模拟测试系统,其特征是它包括水压增压单元、外部载荷单元、数据采集与控制单元和电视监控单元;

水压增压单元的计量水箱、水压增压泵、压力缓冲罐和外部载荷单元依次连接,液压站也与外部载荷单元连接;电视监控单元的电视监控终端与摄像头连接;数据采集与控制单元有压力缓冲罐的压力信号采集连接,有外部载荷单元的变形信号采集连接,有水压增压泵的压力控制连接;数据采集与控制单元有液压站的外载控制连接;

所述水压增压单元包括计量水箱、水压增压泵、压力缓冲罐及注水排气口 I(13)、注水排气口 II(14);

所述外部载荷单元包括四点弯曲载荷模块和轴向载荷模块,它由液压站、液压缸 I(5)、液压缸 II(6)、加载臂 I(7)、加载臂 II(8)、液压缸 III(9)、加载臂 III(10) 和支撑钢架 (1) 组成;液压站与液压缸 I(5)、液压缸 II(6)、液压缸 III(9) 连接,加载臂 I(7)、加载臂

II(8)、加载臂 III(10) 分别与液压缸 I(5)、液压缸 II(6)、液压缸 III(9) 连接；

其中：

液压缸 I(5)、液压缸 II(6)、液压缸 III(9) 含有压力和位移传感器；

所述数据采集与控制单元包括数据采集卡、应变仪、传感器、数据处理软件、工控机；

所述电视监控单元包括摄像头、电视监控终端。

4. 根据权利要求 3 所述的一种在役管道复合载荷模拟测试系统,其特征是系统的原理框图为:计量水箱、水压增压泵、压力缓冲罐用管路依次连接,压力缓冲罐与测试钢管连接,液压站与外部载荷单元连接;数据采集与控制单元由信号线与水压增压泵和压力缓冲罐连接;数据采集与控制单元由信号线与液压站和外部载荷单元连接;电视监控终端由信号线与多路摄像头连接。

5. 根据权利要求 3 所述的一种在役管道复合载荷模拟测试系统,其特征是所述四点弯曲载荷模块为:底部通过支撑点 I(3)、支撑点 II(4) 支撑,同时顶部由液压缸 I(5)、液压缸 II(6) 两个受力点由上向下加载;

所述轴向载荷模块为:将测试钢管(2)一端固定,另一端通过液压缸 III(9) 加载。

6. 根据权利要求 3 或 4 所述的一种在役管道复合载荷模拟测试系统,其特征是所述数据采集与控制单元原理为:两路压力传感器输出接工控机终端的输入,电阻应变片输出接应变仪输入,应变仪输出接工控机终端的输入;工控机终端有压力控制和外部载荷控制输出。

7. 根据权利要求 3 或 4 所述的一种在役管道复合载荷模拟测试系统,其特征是所述电视监控单元原理为:4 个摄像头由电信号线与电视监控终端连接。

一种在役管道复合载荷模拟测试方法和系统

技术领域

[0001] 本发明是一种在役管道复合载荷模拟测试方法和系统,涉及油气管道系统技术领域。

背景技术

[0002] 针对含腐蚀、螺旋焊缝缺陷、环焊缝缺陷、凹陷等缺陷管道的剩余强度评价方法研究中,需要开展含缺陷管道在复合载荷作用下的失效模拟测试,以验证评价结果并对评价模型进行修正。同时在缺陷修复完成后,也需要对修复效果进行评价与验证。

[0003] CN102023118A 公开了一种实体膨胀管进行复合载荷试验的方法,CN2709972Y 公开了一种线性载荷模拟试验方法,GB2458293A 公开了一种管部件的强度和压力测试的方法和装置,但均未公开测试管道在内压、弯曲载荷、轴向载荷共同作用下管道的承压能力和失效模式等特征。

[0004] 目前的钢管静水压爆破测试系统仅能完成在内压作用下的管道失效验证测试,不具备开展在内压、弯曲载荷及轴向载荷共同作用下的失效验证测试的能力。

发明内容

[0005] 本发明的目的发明是一种具有模拟管道受内压、弯曲载荷及轴向载荷三种载荷的功能、具备开展在单一载荷或复合载荷作用下的含缺陷管道或修复后管道的失效测试能力的在役管道复合载荷模拟测试方法和系统。

[0006] 本在役管道复合载荷模拟测试方法为:先将管道固定在外部载荷系统上,注水排气后,使用增压泵内部增压,然后通过外部载荷系统施加弯曲载荷与轴向载荷,测试钢管在内压、弯曲载荷、轴向载荷共同作用下管道的承压能力和失效模式。

[0007] 具体是:测试钢管 2 两端密封,在靠近两端处各有注水排气口 I13 和注水排气口 II14;将测试钢管 2 吊装到支撑钢架 1 的支撑点 I3、支撑点 II4 上,且支撑点 I3、支撑点 II4 位于测试钢管 2 的两端,安装固定好 U 型固定环 I11 和 U 型固定环 II12;在安装的 U 型固定环 I11 和 U 型固定环 II12 之间的测试钢管 2 上部安装液压缸 I5、液压缸 II6 及加载臂 I7、加载臂 II8,且加载臂 I7、加载臂 II8 触及测试钢管 2;在测试钢管一端的密封处安装一液压缸 III9 及触及测试钢管 2 的加载臂 III10;将测试钢管 2 与液压缸的加载臂 I7、加载臂 II8、加载臂 III10 连接好,注水排气后,通过增压泵向测试钢管 2 中施压内压,同时通过液压缸 I5、液压缸 II6 向测试钢管 2 施加四点弯曲载荷,通过液压缸 III9 向测试钢管 2 施加轴向载荷,检测测试钢管 2 在内压、弯曲载荷、轴向载荷共同作用下的承压能力和失效模式。

[0008] 具体步骤为:

[0009] 1) 将测试钢管 2 吊装到支撑点 I3、支撑点 II4 上,将测试钢管 2 与液压缸的加载臂 I7、加载臂 II8、加载臂 III10 连接好,固定好 U 型固定环 I11、U 型固定环 II12,连接好数据采集系统;

[0010] 2) 通过注水排气口 I13、注水排气口 II14 注水排气后,通过增压泵向测试钢管 2 中施压到设定值的内压;

[0011] 3) 通过液压缸 I5、液压缸 II6 向测试钢管 2 施加四点弯曲载荷,根据测试需要可通过设定最大弯曲载荷或最大弯曲位移量来控制弯曲载荷;

[0012] 4) 通过液压缸 III9 向测试钢管 2 施加轴向载荷,根据测试需要可通过设定轴向载荷或最大轴向位移量来控制轴向载荷;

[0013] 5) 根据测试需要调节内压、弯曲载荷或轴向载荷,直到达到测试设计要求;

[0014] 6) 测试过程中数据采集单元采集内压、弯曲载荷、轴向载荷及测试管道 2 的屈服压力、爆破压力等重要参数;数据监控单元监控并记录整个测试过程中各个监控位置管道状态的变化。

[0015] 本发明的系统包括水压增压单元、外部载荷单元、数据采集与控制单元和电视监控单元。

[0016] 在役管道复合载荷模拟测试系统原理框图如图 1 所示,计量水箱、水压增压泵、压力缓冲罐和外部载荷单元依次连接,液压站也与外部载荷单元连接;电视监控单元的电视监控终端与摄像头连接;数据采集与控制单元有压力缓冲罐的压力信号采集,有外部载荷单元的变形信号采集,有水压增压泵的压力控制;数据采集与控制单元接受液压站的外载控制。

[0017] 所述水压增压单元的主要功能是为测试钢管提供内压,包括计量水箱、水压增压泵、压力缓冲罐及注水排气口 I13、注水排气口 II14;

[0018] 所述外部载荷单元(见图 4 和图 5)包括四点弯曲载荷模块和轴向载荷模块,它由液压站、液压缸 I5、液压缸 II6、加载臂 I7、加载臂 II8、液压缸 III9、加载臂 III10 和支撑钢架 1 组成;液压站与液压缸 I5、液压缸 II6、液压缸 III9 连接,加载臂 I7、加载臂 II8、加载臂 III10 分别与液压缸 I5、液压缸 II6、液压缸 III9 连接;液压缸 I5、液压缸 II6、液压缸 III9 为压力产生装置,其独立控制系统可实现压力的连续调节;加载臂 I7、加载臂 II8、加载臂 III10 为压力传导装置,将液压缸 I5、液压缸 II6、液压缸 III9 产生的压力源转换为测试所需的弯曲载荷及轴向载荷,施加于测试钢管 2;钢架支撑 1 为测试钢管 2 提供支撑及安装基础,同时为液压缸 I5、液压缸 II6、液压缸 III9 提供支撑及安装基础,其设计具有足够强度及充足空间以便安装钢管。

[0019] ①四点弯曲载荷模块:管道弯曲应力模拟通过四点加载来实现,底部通过支撑点 I3、支撑点 II4 支撑,同时顶部两个受力点由上向下加载,由两个液压缸 I5、液压缸 II6 实现。

[0020] ②轴向载荷模块:管道轴向载荷模块模拟管道承受的轴向力,将测试钢管 2 一端固定,另一端通过液压缸 III9 加载来实现轴向加载。

[0021] 液压缸 I5、液压缸 II6、液压缸 III9 含有压力和位移传感器,其运行速度可通过控制单元进行调节;传感器信号传到控制台,可与内压信号生成曲线,以分析在不同外力作用下钢管爆破参数的变化。液压缸的输出压力和行程可精确控制,可自动进行增压、保压及泄压操作,从而满足测试中多种工况需要,达到预期的测试效果。

[0022] 所述数据采集与控制单元原理框图如图 2 所示,包括数据采集卡、应变仪、传感器、数据处理软件、工控机等,两路压力传感器输出接工控机终端的输入,电阻应变片输出

接应变仪输入,应变仪输出接工控机终端的输入;工控机终端有压力控制和外部载荷控制输出;实现对系统的自动控制以及对数据的自动采集、分析、处理及输出。

[0023] 所述电视监控单元原理框图如图 3 所示,包括摄像头、电视监控终端等;4 个摄像头由电信号线与电视监控终端连接,实现视频采集与控制;使操作人员可远程监视测试现场情况,保证测试过程中操作人员的安全,同时对整个测试过程通过多个摄像头进行监视录像,多角度观察测试现场情况,方便操作人员进行分析。

[0024] 该系统具有模拟管道受内压、弯曲载荷及轴向载荷三种载荷的功能,具备开展在单一载荷或复合载荷作用下的含缺陷管道或修复后管道的失效测试能力。该系统所提供的三种载荷可根据需要任意组合且可分别连续调节,这三种载荷代表了在役管道上所承受的主要载荷,其中内压由管内流体压力引起,弯曲载荷由管道位移引起,轴向载荷由温度变化导致的热胀冷缩引起。

[0025] 该测试系统采用成熟的信号传输技术和自动控制技术,可精确测量管道的爆破压力和应变状态,获得管道的屈服压力、爆破压力、局部应力应变以及压力-环向变形的关系曲线等重要数据。

[0026] 本发明的优点:本发明的测试系统具有模拟管道受内压(输送压力)、弯曲载荷(管道沉降或位移)及轴向载荷(温度变化)三种载荷的功能,具备开展在单一载荷或复合载荷作用下的含缺陷管道或修复后管道的失效测试能力。

附图说明

[0027] 图 1 在役管道复合载荷模拟测试系统原理框图

[0028] 图 2 数据采集与控制单元原理框图

[0029] 图 3 电视监控单元原理框图

[0030] 图 4 外部载荷单元(含测试钢管)结构正视图

[0031] 图 5 外部载荷单元(含测试钢管)结构立体图

[0032] 其中 1- 支撑钢架 2- 测试钢管

[0033] 3- 支撑点 I 4- 支撑点 II

[0034] 5- 液压缸 I 6- 液压缸 II

[0035] 7- 加载臂 I 8- 加载臂 II

[0036] 9- 液压缸 III 10- 加载臂 III

[0037] 11-U 型固定环 I 12-U 型固定环 II

[0038] 13- 注水排气口 I 14- 注水排气口 II

[0039] 具体实施方式:

[0040] 实施例. 本例是一种测试方法和系统,其构成如图 1-5 所示。

[0041] 测试系统主要由水压增压单元、外部载荷单元、数据采集与控制单元和电视监控单元及测试钢管等组成。钢架支撑的整体尺寸为 20m(L)×4m(H)。测试钢管的弯曲载荷由液压缸 I5 和液压缸 II6(非标件,液压缸内压 63MPa、高度 820 毫米、缸径 140 毫米,杆径 100 毫米,最大压力为 100 吨,最大行程为 500mm) 实现。测试钢管的轴向载荷由液压缸 III9(非标件,液压缸内压 63MPa、高度 700 毫米、缸径 426 毫米,杆径 320 毫米,最大压力为 500 吨,最大拉力为 200 吨,最大行程为 200mm) 完成。

[0042] 测试方法：测试钢管的长度为 12m，直径为 711mm，壁厚为 8mm。将测试钢管 2 吊装到支撑点 I3 和支撑点 II4 上，将测试钢管 2 与液压缸的加载臂 I7、加载臂 II8 和加载臂 III10 连接好，用 U 型固定环 I11 和 U 型固定环 II12 固定好测试钢管 2，注水排气后，通过增压泵向测试钢管 2 中施压内压，同时通过液压缸 I5 和液压缸 II6 向钢管施加四点弯曲载荷，通过液压缸 III9 施加轴向载荷，测试钢管 2 在内压、弯曲载荷、轴向载荷共同作用下管道的承压能力和失效模式。

[0043] 具体步骤为：

[0044] 1) 测试钢管的长度为 12m，直径为 711mm，壁厚为 8mm；将测试钢管 2 吊装到支撑点 I3 和支撑点 II4 上，将测试钢管与液压缸的加载臂 I7、加载臂 II8 和加载臂 III10 连接好，固定好 U 型固定环 I11 和 U 型固定环 II12，连接好数据采集与控制单元；

[0045] 2) 通过注水排气口 I13 和注水排气口 II14 注水排气后，通过增压泵向测试钢管 2 中施压到设定值的内压；

[0046] 3) 通过液压缸 I5 和液压缸 II6 向测试钢管 2 施加四点弯曲载荷，根据测试需要可通过设定最大弯曲载荷或最大弯曲位移量来控制弯曲载荷。据此可研究弯曲载荷对钢管爆破压力的影响；

[0047] 4) 通过液压缸 III9 向测试钢管 2 施加轴向载荷，根据测试需要可通过设定轴向载荷或最大轴向位移量来控制轴向载荷；据此可研究轴向载荷对钢管爆破压力的影响；

[0048] 5) 根据测试需要调节内压、弯曲载荷或轴向载荷，直到达到测试要求；

[0049] 6) 测试过程中数据采集与控制单元采集内压、弯曲载荷、轴向载荷及管道的屈服压力、爆破压力等重要参数；数据采集与控制单元监控并记录整个测试过程中各个监控位置管道状态的变化。

[0050] 本例经多次测试，测试方法简单可靠，测试效果良好，模拟了管道受内压、弯曲载荷及轴向载荷三种载荷的功能，测试结果验证了管道剩余强度评价结果与管道修复效果，改进了管道剩余强度评价方法的精确性及管道修复效果的可靠性。

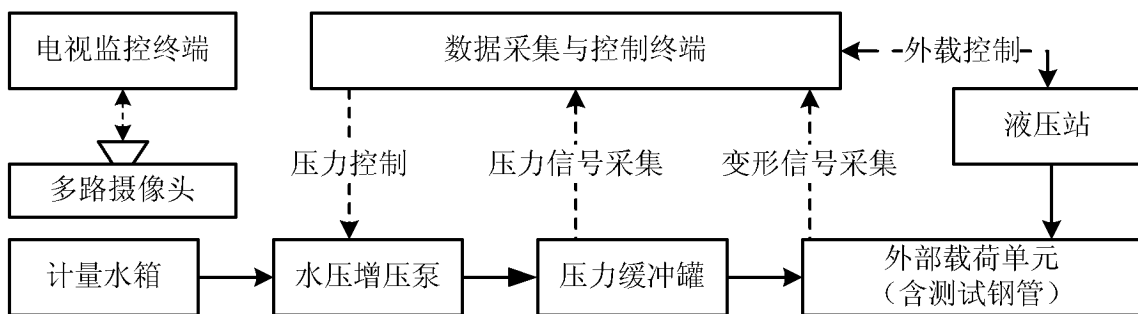


图 1

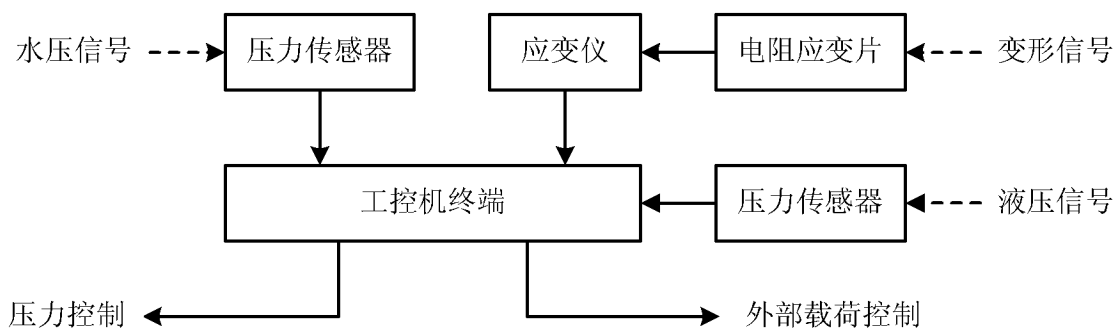


图 2

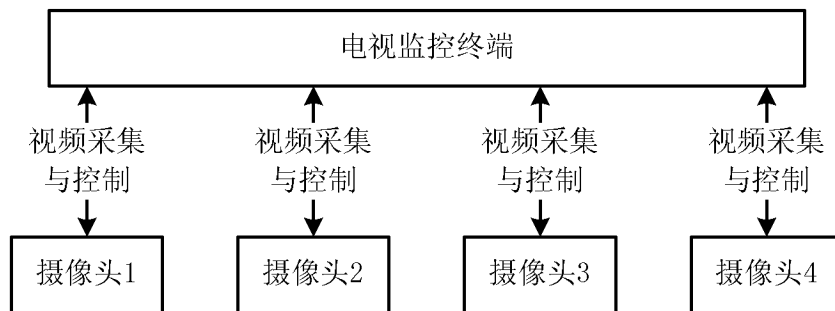


图 3

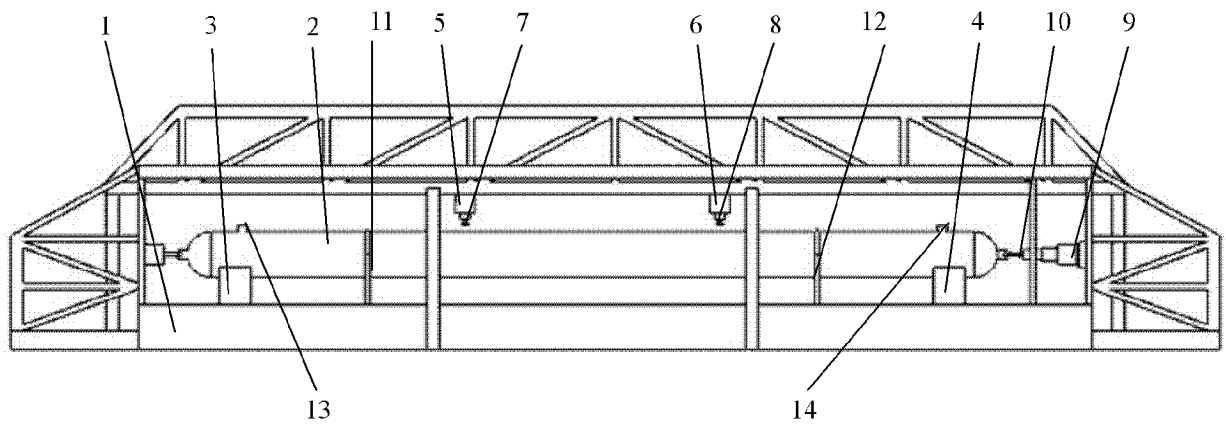


图 4

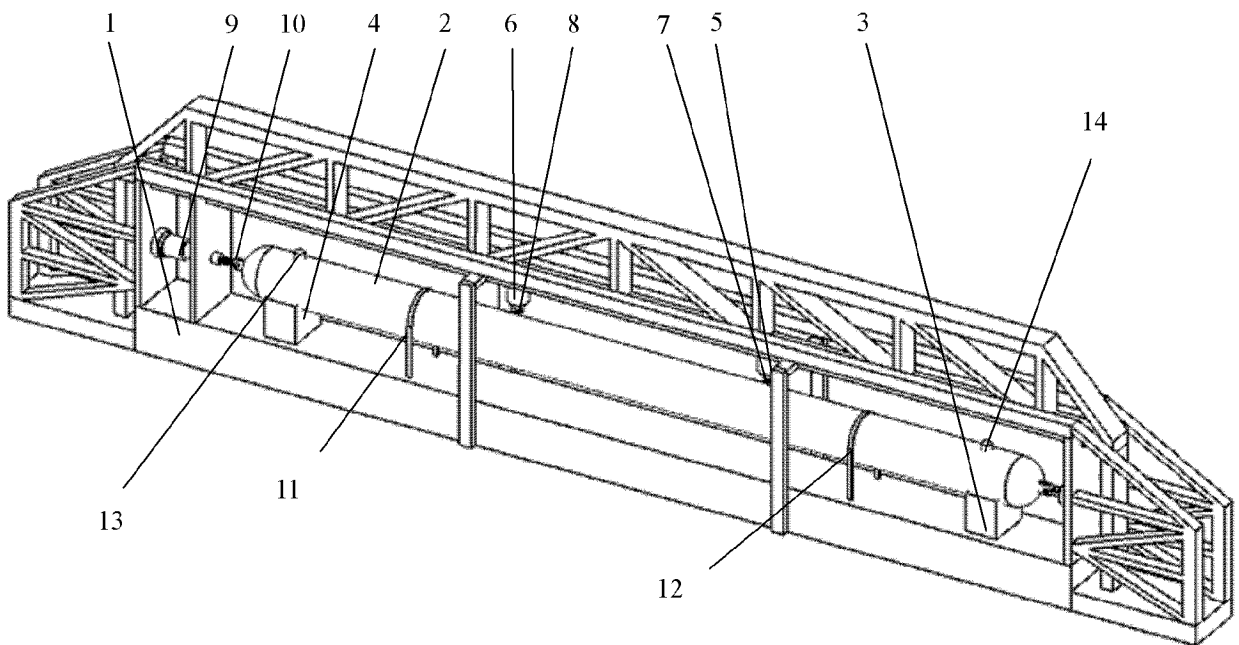


图 5