



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107643218 B

(45)授权公告日 2020.02.14

(21)申请号 201710811757.2

(51)Int.CI.

(22)申请日 2017.09.11

G01N 3/10(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

G01N 3/20(2006.01)

申请公布号 CN 107643218 A

(56)对比文件

(43)申请公布日 2018.01.30

CN 202485989 U, 2012.10.10,

(73)专利权人 中国石油大学(北京)

CN 205665109 U, 2016.10.26,

地址 102249 北京市昌平区府学路18号中  
国石油大学(北京)

CN 104833577 A, 2015.08.12,

专利权人 重庆前卫科技集团有限公司

CN 103884495 A, 2014.06.25,

(72)发明人 秦桦 程子云 赵宏林 李福明

CN 101788379 A, 2010.07.28,

吴世德 段梦兰 叶天源 安晨  
张玉 熊泽华

JP 2001004511 A, 2001.01.12,

DE 20216861 U1, 2003.01.02,

审查员 殷逸虹

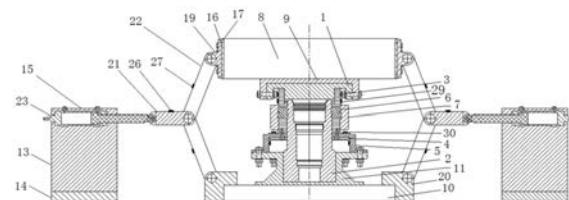
(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限  
公司 11245

权利要求书3页 说明书7页 附图5页

代理人 徐宁 孙楠

(54)发明名称

一种井口连接器大载荷拉压弯测试实验装  
置及实验方法



(57)摘要

本发明涉及一种井口连接器大载荷拉压弯  
测试实验装置及实验方法,其特征在于:其包括  
辅助工装系统、铰链力放大结构系统、液压动力  
加载系统、输入数据采集分析系统和输出数据采  
集分析系统;辅助工装系统设置在现有井口连接  
器系统上;铰链力放大结构系统与辅助工装系统  
相连,为辅助工装系统提供输出载荷;液压动力  
加载系统与铰链力放大结构系统相连,为铰链力  
放大结构提供输入载荷;输入数据采集分析系统  
设置在铰链力放大结构系统上,采集铰链力放大  
结构上的应变力作为实际输入载荷;输出数据采  
集分析系统设置在井口连接器系统上,采集井口  
连接器系统中的应变力作为实际输出载荷。本发  
明可以广泛应用于水下油气开采技术领域。

1. 一种井口连接器大载荷拉压弯测试实验装置,其特征在于:其包括辅助工装系统、铰链力放大结构系统、液压动力加载系统、输入数据采集分析系统和输出数据采集分析系统;

所述辅助工装系统设置在现有井口连接器系统上;所述铰链力放大结构系统与所述辅助工装系统相连,为所述辅助工装系统提供输出载荷;所述液压动力加载系统与所述铰链力放大结构系统相连,为所述铰链力放大结构系统提供输入载荷;所述输入数据采集分析系统设置在所述铰链力放大结构系统上,采集所述铰链力放大结构系统上的应变力作为实际输入载荷;所述输出数据采集分析系统设置在所述井口连接器系统上,采集所述井口连接器系统中的应变力作为实际输出载荷;

所述铰链力放大结构系统包括两对称设置的铰链力放大结构,且每一所述铰链力放大结构均包括三根并排设置的横向杆和两对间隔设置在所述横向杆之间的铰链;

所述各横向杆和两对铰链端部通过一中销铰接,且两对所述铰链中上、下铰链与各所述横向杆的夹角相同;各所述横向杆的另一端通过小销与所述液压动力加载系统铰接,各对所述铰链中上、下铰链的另一端分别通过中销与所述辅助工装系统中上、下工字钢架子组件中的耳板和焊接耳板铰接。

2. 如权利要求1所述的一种井口连接器大载荷拉压弯测试实验装置,其特征在于:所述辅助工装系统包括上工字钢架子、上工字钢架子连接组件、连接焊板、下工字钢架子、下工字钢架子连接组件、安装夹具、下工字钢架子固定块以及两对称设置在所述下工字钢架子两侧的液压缸支撑系统;

所述上工字钢架子两端通过所述上工字钢架子连接组件与所述铰链力放大结构系统连接,所述上工字钢架子底部通过所述连接焊板与所述井口连接器系统的上部连接;

所述下工字钢架子两端通过所述下工字钢架子连接组件与所述铰链力放大结构系统连接,所述下工字钢架子上部通过所述安装夹具与所述井口连接器系统的下部连接,所述下工字钢架子下部通过所述下工字钢架子固定块固定在地面上;

两液压缸底座的底部分别通过所述液压缸底座垫板固定设置在所述下工字钢架子两侧的地面上,两所述液压缸底座的顶部分别螺栓连接两所述液压缸上盖板。

3. 如权利要求2所述的一种井口连接器大载荷拉压弯测试实验装置,其特征在于:所述上工字钢架子连接组件包括两表面设置有若干卡槽的焊接槽板、两不规则垫块、若干规则垫块和两耳板;两所述焊接槽板表面带有卡槽的一侧与所述上工字钢架子螺栓连接,两所述不规则垫块插设在所述上工字钢架子外侧面的两直槽口与所述焊接槽板之间,且所述不规则垫块的上表面与所述上工字钢架子外侧表面相匹配;若干所述规则垫块插设在所述上工字钢架子的其它直槽口与所述焊接槽板之间;两所述耳板与两所述焊接槽板螺栓连接,其表面另一侧设置有用于与所述铰链力放大结构系统连接的安装孔;

所述下工字钢架子连接组件包括两焊接耳板,两所述焊接耳板分别焊接在所述下工字钢架子两端,且两所述焊接耳板表面设置有若干用于与所述铰链力放大结构系统连接的安装孔。

4. 如权利要求2所述的一种井口连接器大载荷拉压弯测试实验装置,其特征在于:两所述液压缸支撑系统均包括一液压缸底座、一高度可变的液压缸底座垫板以及一液压缸上盖板;

两所述液压缸底座的底部分别通过两所述液压缸底座垫板对称设置在所述下工字钢

架子两侧的地面上，两所述液压缸底座的顶部分别螺栓连接两所述液压缸上盖板，且两所述液压缸底座顶部设置有用于放置液压缸的三个通腔，两所述液压缸上盖板下表面设置有与该通腔相匹配的凹槽。

5. 如权利要求1所述的一种井口连接器大载荷拉压弯测试实验装置，其特征在于：所述液压动力加载系统包括若干液压缸和液压控制系统；

各所述液压缸分别设置在所述辅助工装系统两侧的两所述液压缸的底座内，且各所述液压缸的一端通过小销与所述铰链力放大结构系统中的各横向杆连接；另一端端面由所述液压缸的底座与液压缸上盖板内表面固定；

所述液压控制系统包括步进电机控制器和含泵液压回路组件；所述步进电机控制器通过信号线与各所述液压缸连接，用于为各液压缸提供控制信号；所述含泵液压回路组件连接各所述液压缸和液压泵站，用于为各所述液压缸提供液压。

6. 如权利要求1所述的一种井口连接器大载荷拉压弯测试实验装置，其特征在于：所述输入数据采集分析系统包括若干横向杆拉压应变片、若干铰链拉压应变片和第一静态电阻应变仪；所述横向杆拉压应变片设置在所述铰链力放大结构系统的各横向杆的上表面，所述铰链拉压应变片设置在所述铰链力放大结构的各对铰链的上铰链的上表面和下铰链的下表面；各所述横向杆拉压应变片和铰链拉压应变片均通过导线连接构成测量电桥后与所述第一静态电阻应变仪连接，实时采集各所述横向杆和铰链上的应变力。

7. 如权利要求1所述的一种井口连接器大载荷拉压弯测试实验装置，其特征在于：所述输出数据采集分析系统包括连接器轴向应变片、连接器径向应变片和第二静态电阻仪；所述连接器轴向应变片设置在所述井口连接器系统中的连接器本体上，所述连接器径向应变片设置在所述井口连接器系统中的中心环上；各所述连接器轴向应变片和连接器径向应变片均通过导线连接构成测量电桥后与所述第二静态电阻应变仪连接，实时采集所述井口连接器系统的应变力。

8. 一种采用如权利要求1~7任一项所述装置的井口连接器大载荷拉压弯测试实验方法，其特征在于包括以下步骤：

1) 分别将井口连接器系统与辅助工装系统、铰链力放大结构系统以及液压动力加载系统连接好；

2) 将输入数据采集分析系统和输出数据采集分析系统分别安装在铰链力放大结构系统和井口连接器系统上；

3) 根据实验要求的所需载荷，以及铰链力放大结构系统的初始倍力放大系数，得到液压缸的输出载荷计算值；

4) 液压控制系统根据得到的输出载荷计算值发送控制信号到两侧液压缸，进行拉、压、弯载荷测试实验；

5) 根据输入、输出数据分析采集系统采集的应力数据以及液压缸的输出载荷计算值，得到该载荷下的各种误差值；

6) 在保持液压缸输出载荷不变的前提下，改变铰链力放大结构系统的倍力放大系数，重复步骤4~5)，观察在不同输出载荷下井口连接器系统的力学行为。

9. 如权利要求8所述的一种井口连接器大载荷拉压弯测试实验方法，其特征在于：所述步骤4)中，液压控制系统根据得到的输出载荷计算值发送控制信号到两侧液压缸，进行拉、

压、弯载荷测试实验的方法为：

当进行拉载荷实验时：通过液压控制系统和步进电机控制器控制左侧液压缸向右运动、右侧液压缸向左运动；

当进行压载荷实验时：试运行后，通过液压控制系统和步进电机控制器控制左侧液压缸向左运动、右侧液压缸向右运动；

当进行弯载荷实验时：通过液压控制系统和步进电机控制器控制左侧液压缸向左运动、右侧液压缸向右运动。

## 一种井口连接器大载荷拉压弯测试实验装置及实验方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及水下油气开采技术领域,特别是关于一种井口连接器大载荷拉压弯测试实验装置及实验方法。

### 背景技术

[0002] 水下采油树是由放置在海床水下井口上的由阀门、管线、连接器和配件组成的一个采油系统,而水下采油树井口连接器是水下采油树的重要零部件,其能够将水下采油树等水下生产设施连接到水下井口,实现水下采油树与水下井口连接处的密封,并防止油气泄露,承载内外载荷。井口连接器和水下采油树之间一般通过特种梯形螺纹连接,该特种梯形螺纹具有较好的承压能力。但是由于水下采油树中管线等在海流作用下摆动或振动会导致井口连接器受到较大的包括拉压弯在内的大载荷作用,因此,保证井口连接器能够在大载荷拉压弯作用下依然可以较好的工作,是包括水下采油树在内的水下生产系统安全可靠生产的必要保障,因而对井口连接器进行大载荷测试以观察其性能显得非常重要。

[0003] 目前国内有大量关于拉压弯综合实验装置,中国专利文献200520029374.2提出的一种多功能试验机平台组件,其可以在平台上增加各种辅助装置用于实现拉压弯扭四种载荷下的多种材料与结构试验,但是该实验装置没能将构件的误差考虑在内。中国专利文献201420622826.7提出的一种能够进行横梁的弯曲正应力测定、压弯组合变形实验、桁架的内力测定实验、静定结构内力测定、超静定结构内力测定等多种实验的力学实验装置,虽然实验考虑了制造误差的影响,但是并不能实现较大载荷的实验。而且,目前国内外尚无对井口连接器及类似机构进行大载荷实验的简易经济的实验装置的研究。除此之外,现有技术中拉压弯实验装置还存在以下缺点:

[0004] 1、进行不同实验时,通常需要制作不同的实验装置,增加了实验场地和实验的费用,降低了实验效率。

[0005] 2、在做大载荷实验时,需要有较大的输入载荷才能完成任务,对载荷输入系统要求较高,这也会增加实验的费用。

[0006] 3、现有的拉压弯实验装置在测量方面通常只考虑了被测试件的变形测量,而没有考虑输入载荷是否满足要求。

### 发明内容

[0007] 针对上述问题,本发明的目的是提供一种井口连接器大载荷拉压弯测试实验装置及实验方法,能够对井口连接器及类似机构进行大载荷拉压弯实验,具有低载荷输入,大载荷输出的特点,且安装拆除方便。

[0008] 为实现上述目的,本发明采取以下技术方案:一种井口连接器大载荷拉压弯测试实验装置,其特征在于:其包括辅助工装系统、铰链力放大结构系统、液压动力加载系统、输入数据采集分析系统和输出数据采集分析系统;所述辅助工装系统设置在现有井口连接器系统上;所述铰链力放大结构系统与所述辅助工装系统相连,为所述辅助工装系统提供输

出载荷；所述液压动力加载系统与所述铰链力放大结构系统相连，为所述铰链力放大结构提供输入载荷；所述输入数据采集分析系统设置在所述铰链力放大结构系统上，采集所述铰链力放大结构上的应变力作为实际输入载荷；所述输出数据采集分析系统设置在所述井口连接器系统上，采集所述井口连接器系统中的应变力作为实际输出载荷。

[0009] 所述辅助工装系统包括上工字钢架子、上工字钢架子连接组件、连接焊板、下工字钢架子、下工字钢架子连接组件、安装夹具、下工字钢架子固定块以及两对称设置在所述下工字钢架子两侧的液压缸支撑系统；所述上工字钢架子两端通过所述上工字钢连接组件与所述铰链力放大结构系统连接，所述上工字钢架子底部通过所述连接焊板与所述井口连接器系统的上部连接；所述下工字钢架子两端通过所述下工字钢连接组件与所述铰链力放大结构系统连接，所述下工字钢架子上部通过所述安装夹具与所述井口连接器系统的下部连接，所述下工字钢架子下部通过所述下工字钢架子固定块固定在地面上；两所述液压缸底座的底部分别通过所述液压缸底座垫板固定设置在所述下工字钢架子两侧的地面上，两所述液压缸底座的顶部分别螺栓连接两所述液压缸上盖板。

[0010] 所述上工字钢架子连接组件包括两表面设置有若干卡槽的焊接槽板、两不规则垫块、若干规则垫块和两耳板；两所述焊接槽板表面带有卡槽的一侧与所述上工字钢架子螺栓连接，两所述不规则垫块插设在所述上工字钢架子外侧面的两直槽口与所述焊接槽板之间，且所述不规则垫块的上表面与所述上工字钢架子外侧表面相匹配；若干所述规则垫块插设在所述上工字钢架子的其他直槽口与所述焊接槽板之间；两所述耳板与两所述焊接槽板螺栓连接，其表面另一侧设置有用于与所述铰链力放大结构系统连接的安装孔；所述下工字钢架子连接组件包括两焊接耳板，两所述焊接耳板分别焊接在所述下工字钢架子两端，且两所述焊接耳板表面设置有若干用于与所述铰链力放大结构系统连接的安装孔。

[0011] 两所述液压缸支撑系统均包括一液压缸底座、一高度可变的液压缸底座垫板以及一液压缸上盖板；两所述液压缸底座的底部分别通过两所述液压缸底座垫板对称设置在所述下工字钢架子两侧的地面上，两所述液压缸底座的顶部分别螺栓连接两所述液压缸上盖板，且两所述液压缸底座顶部设置有用于放置液压缸的三个通腔，两所述液压缸上盖板下表面设置有与该通腔相匹配的凹槽。

[0012] 所述铰链力放大结构系统包括两对称设置的铰链力放大结构，且每一所述铰链力放大结构均包括三根并排设置的横向杆和两对间隔设置在所述横向杆之间的铰链；所述各横向杆和两对铰链端部通过一中销铰接，且两对所述铰链中上、下铰链与各所述横向杆的夹角相同；各所述横向杆的另一端通过小销与所述液压动力加载系统铰接，各对所述铰链中上、下铰链的另一端分别通过中销与所述辅助工装系统中上、下工字钢架子组件中的耳板和焊接耳板铰接。

[0013] 所述液压动力加载系统包括若干液压缸和液压控制系统；各所述液压缸分别设置在所述辅助工装系统两侧的两所述液压缸底座内，且各所述液压缸的一端通过小销与所述铰链力放大结构系统中的各横向杆连接；另一端端面由所述液压缸底座与液压缸上盖板内表面固定；所述液压控制系统包括步进电机控制器和含泵液压回路组件；所述步进电机控制器通过信号线与各所述液压缸连接，用于为各液压缸提供控制信号；所述含泵液压回路组件连接各所述液压缸和液压泵站，用于为各所述液压缸提供液压。

[0014] 所述输入数据采集分析系统包括若干横向杆拉压应变片、若干铰链拉压应变片和

第一静态电阻应变仪；所述横向杆拉压应变片设置在所述铰链力放大结构系统的各横向杆的上表面，所述铰链拉压应变片设置在所述铰链力放大结构的各对铰链的上铰链的上表面和下铰链的下表面；各所述横向杆拉压应变片和铰链拉压应变片均通过导线连接构成测量电桥后与所述第一静态电阻应变仪连接，实时采集各所述横向杆和铰链上的应变力。

[0015] 所述输出数据采集分析系统包括连接器轴向应变片、连接器径向应变片和第二静态电阻仪；所述连接器轴向应变片设置在所述井口连接器系统中的连接器本体上，所述连接器径向应变片设置在所述井口连接器系统中的中心环上；各所述连接器轴向应变片和连接器径向应变片均通过导线连接构成测量电桥后与所述第二静态电阻应变仪连接，实时采集所述井口连接器系统的应变力。

[0016] 一种采用所述装置的井口连接器大载荷拉压弯测试实验方法，其特征在于包括以下步骤：1) 分别将井口连接器系统与辅助工装系统、铰链力放大结构系统以及液压动力加载系统连接好；2) 将输入数据采集分析系统和输出数据采集分析系统分别安装在铰链力放大结构系统和井口连接器系统上；3) 根据实验要求的所需载荷，以及铰链力放大结构系统的初始倍力放大系数，得到液压缸的输出载荷计算值；4) 液压控制系统根据得到的输出载荷计算值发送控制信号到两侧液压缸，进行拉、压、弯载荷测试实验；5) 根据输入、输出数据分析采集系统采集的应力数据以及液压缸的输出载荷计算值，得到该载荷下的各种误差值；6) 在保持液压缸输出载荷不变的前提下，改变铰链力放大结构系统的倍力放大系数，重复步骤4~5)，观察在不同输出载荷下井口连接器系统的力学行为。

[0017] 所述步骤4)中，液压控制系统根据得到的输出载荷计算值发送控制信号到两侧液压缸，进行拉、压、弯载荷测试实验的方法为：当进行拉载荷实验时：通过液压控制系统和步进电机控制器控制左侧液压缸向右运动、右侧液压缸向左运动；当进行压载荷实验时：试运行后，通过液压控制系统和步进电机控制器控制左侧液压缸向左运动、右侧液压缸向右运动；当进行弯载荷实验时：通过液压控制系统和步进电机控制器控制左侧液压缸向左运动、右侧液压缸向右运动。

[0018] 本发明由于采取以上技术方案，其具有以下优点：1、本发明由于设置有铰链力放大结构系统，其能够将输入载荷放大20倍，且通过改变铰链长度及水平方向夹角即可改变倍力放大系数，降低了对液压缸的输出载荷要求，能够满足进行拉压弯测试实验的各种载荷需求。2、本发明辅助工装系统与实验对象之间采用铰接方式，拆除方便，当需要对不同的实验对象进行拉压弯实验时，只需将辅助工装系统吊起，将过渡装置模拟井口扭下即可，然后根据不同的被测试件使用不同的过渡装置。3、本发明由于上工字钢连接组件中设置有焊接槽板，通过调整规则垫块和不规则垫块的结构和高度，进而上下调整焊接槽板，即可消除安装误差和铰链等的制造误差，保证正确安装。4、本发明中铰链力放大结构中铰链的长度，以及液压缸底部垫块的高度均可调，实现了对井口连接器或者类似机构的大载荷拉压弯实验的不同要求，适用范围更广。5、本实验装置结构简单，设计合理，占用空间小，实验装置重复利用率较高，具有低载荷输入、大载荷输出的特点，经济适用，对生产现场具有较好的指导作用。

## 附图说明

[0019] 图1为本发明的主视整体结构剖视示意图；

- [0020] 图2为本发明的俯视整体结构剖视示意图；
- [0021] 图3为本发明下工字钢架子与固定块立体示意图；
- [0022] 图4为本发明下工字钢架子与固定块侧视示意图；
- [0023] 图5为本发明中槽板与上工字钢架子装配结构示意图；
- [0024] 图6为本发明中槽板立体结构示意图；
- [0025] 图7为本发明中槽板的主视图；
- [0026] 图8为本发明中槽板的俯视图；
- [0027] 图9为本发明中槽板的侧视图；
- [0028] 图10为本发明中耳板立体结构示意图；
- [0029] 图11为本发明中耳板主视图；
- [0030] 图12为本发明铰链力放大构件的结构示意图；
- [0031] 图13为图12的铰链力放大构件主视图。

## 具体实施方式

- [0032] 下面结合附图和实施例对本发明的进行详细的描述。
- [0033] 如图1～图5所示，本发明提供的一种井口连接器大载荷拉压弯测试实验装置，包括辅助工装系统、铰链力放大结构系统、液压动力加载系统、输入数据采集分析系统和输出数据采集分析系统；其中，辅助工装系统设置在现有井口连接器系统或类似机构上，铰链力放大结构系统与辅助工装系统相连，为辅助工装系统提供输出载荷；液压动力加载系统与铰链力放大结构系统相连，为铰链力放大结构提供输入载荷；输入数据采集分析系统设置在铰链力放大结构系统上，采集铰链力放大结构上的应变力作为实际输入载荷；输出数据采集分析系统设置在井口连接器系统上，采集井口连接器系统中的应变力作为实际输出载荷。
- [0034] 井口连接器系统包括模拟树体1、采油树测试桩2、连接器本体3、支撑环4、中心环5、锁块6和驱动环7。其中，模拟树体1设置在采油树测试桩2上部，两者通过连接器本体3密封连接。连接器本体3上部与模拟树体1下部固定连接，连接器本体3下部通过支撑环4与套设在采油树测试桩2外部的中心环5上部固定连接。连接器本体3的空腔内间隔设置若干锁块6，各锁块6通过内螺纹与采油树测试桩2外壁连接。连接器本体3外部套设有驱动环7，且连接器本体3与驱动环7之间为斜面接触，用于在液压驱动下上下运动，推动锁块6卡入/出采油树测试桩2的螺纹槽内/外以锁紧/解锁井口与井口以上设备。
- [0035] 辅助工装系统包括上工字钢架子8、连接焊板9、下工字钢架子10、安装夹具11、下工字钢架子固定块12、上工字钢架子连接组件、下工字钢架子连接组件以及对称设置在下工字钢架子10两侧的液压缸支撑系统。其中，上工字钢架子8两端通过上工字钢连接组件与铰链力放大结构系统连接，上工字钢架子8底部通过焊接的连接焊板9与井口连接器系统上部的模拟树体1连接。下工字钢架子10两端通过下工字钢连接组件与铰链力放大结构系统连接，下工字钢架子10上部通过安装夹具11与井口连接器系统下部的采油树测试桩2下部连接，下工字钢架子10下部通过下工字钢架子固定块12固定在地面上。
- [0036] 两液压缸支撑系统均包括一液压缸底座13、一高度可变的液压缸底座垫板14以及一液压缸上盖板15。两液压缸底座13的底部分别通过两液压缸底座垫板14对称设置在下工

字钢架子10两侧的地面上,两液压缸底座13的顶部分别螺栓连接两液压缸上盖板15,且两液压缸底座13顶部设置有用于放置液压缸的三个通腔,两液压缸上盖板15下表面设置有与该通腔相匹配的凹槽。

[0037] 如图6~图11所示,上工字钢架子连接组件包括两表面设置有若干卡槽的焊接槽板16、两不规则垫块17、若干规则垫块18和两耳板19。两焊接槽板16表面带有卡槽的一侧与上工字钢架子8螺栓连接,两不规则垫块17插设在上工字钢架子8外侧面的两直槽口与焊接槽板16之间,且不规则垫块17的上表面与上工字钢架子8外侧表面相匹配;若干规则垫块18插设在上工字钢架子8的其他直槽口与焊接槽板16之间。两耳板19与两焊接槽板16螺栓连接,且两耳板19表面另一侧设置有用于与铰链力放大结构系统连接的安装孔。

[0038] 下工字钢架子连接组件包括两焊接耳板20,两焊接耳板20分别焊接在下工字钢架子10两端,且两焊接耳板20的表面设置有若干用于与铰链力放大结构系统连接的安装孔。

[0039] 如图12、图13所示,铰链力放大结构系统包括两对称设置的铰链力放大结构,且每一铰链力放大结构均包括三根并排设置的横向杆21和两对间隔设置在各横向杆之间的铰链22。各横向杆21和两对铰链22端部通过一中销铰接,且两对铰链中上、下铰链与横向杆21的夹角相同。各横向杆21另一端通过小销与液压动力加载系统铰接,各对所述铰链22中上、下铰链的另一端分别通过一中销与辅助工装系统中上、下工字钢架子组件中的耳板19和焊接耳板20连接。

[0040] 液压动力加载系统包括若干液压缸23和由步进电机控制器24和含泵液压回路组件25构成的液压控制系统。各液压缸23分别设置在辅助工装系统两侧的液压缸底座13内,且各液压缸23的一端通过小销与铰链力放大结构系统中的横向杆21相连,另一端端面被液压缸底座13与液压缸上盖板15内表面固定。步进电机控制器24通过信号线与各液压缸23连接,用于为各液压缸23提供控制信号;含泵液压回路组件25连接各液压缸23和液压泵站,用于为各液压缸23提供液压。

[0041] 输入数据采集分析系统包括若干横向杆拉压应变片26、若干铰链拉压应变片27和第一静态电阻应变仪28。横向杆拉压应变片26设置在铰链力放大结构系统内各横向杆21的上表面,铰链拉压应变片27设置在铰链力放大结构系统内各上铰链22的上表面和下铰链22的下表面上。各横向杆拉压应变片26和铰链拉压应变片27均通过导线连接构成测量电桥后与第一静态电阻应变仪28连接,实时采集各横向杆21和铰链22上的应变力。

[0042] 输出数据采集分析系统包括连接器轴向应变片29、连接器径向应变片30和第二静态电阻仪31。连接器轴向应变片29设置在井口连接器系统中的连接器本体3上,连接器径向应变片30设置在井口连接器系统中的中心环5上。各连接器轴向应变片29和连接器径向应变片30均通过导线连接构成测量电桥后与第二静态电阻应变仪31连接,实时采集井口连接器系统中连接器本体轴向和径向的应变力。

[0043] 基于上述井口连接器大载荷拉压弯测试实验装置,本发明还提供一种井口连接器大载荷拉压弯测试实验方法,包括以下步骤:

[0044] 1) 分别将井口连接器系统辅助工装系统、铰链力放大结构系统以及液压动力加载系统安装好。

[0045] 安装方法包括以下步骤:

[0046] ① 将下工字钢架子10摆放在地面上,并通过下工字钢架子固定块12上的安装孔将

其固定在地面上。

[0047] ②根据预先计算好的距离依次将两液压缸底座13摆放在下工字钢架子10两侧的地面上，并通过液压缸底座垫板14上的安装孔固定在地面上。

[0048] ③将各液压缸23放置在两液压缸底座13顶部的通腔内，并用螺栓将液压缸上盖板15固定在液压缸底座13顶部。

[0049] ④将井口连接器系统放置在上、下工字钢架子8、10之间，上部通过连接焊板9固定，下部通过安装夹具11固定。

[0050] ⑤依次用销将各横向杆21与液压缸23、横向杆21与上下铰链22、上部铰链22与耳板19、下部铰链22与焊接耳板20连接。

[0051] ⑥安装上工字钢架子8与两焊接槽板16，安装时在上工字钢架子8两个外侧面上的每个直槽口中分别装两个螺栓，如果焊接槽板16与直槽口之间有错位，需要上下移动焊接槽板16进行调整，然后依次在焊接槽板16上表面与上工字钢架子8内表面之间插入非规则垫块17和规则垫块18。

[0052] 2) 将输入数据采集分析系统和输出数据采集分析系统分别安装在铰链力放大结构系统和井口连接器系统上。

[0053] 具体的，分别在横向杆21上表面、上部铰链22上表面和下部铰链22下表面上分别粘贴应变片，每个应变片分别通过导线构成测量电桥后与第一静态电阻应变仪28连接；井口连接器系统上的连接器轴向应变片29和连接器径向应变片30分别通过导线构成测量电桥后与第二静态电阻应变仪31连接。根据预设的液压控制线路图将液压缸的进油口、出油口接口和含泵液压组件接入线路中。

[0054] 3) 根据实验要求的所需载荷，以及铰链力放大结构系统的初始倍力放大系数，得到液压缸的输出载荷计算值。

[0055] 铰链力放大结构系统的倍力放大系数由铰链长度及其与水平方向的夹角决定，本发明中首先使用与水平方向夹角为 $84.3^{\circ}$ 的铰链，此时的铰链力放大结构系统理论上的倍力放大系数为10，根据实验要求的所需载荷以及初始倍力放大系数，计算得到液压缸的输出载荷值。

[0056] 4) 液压控制系统根据得到的输出载荷计算值发送控制信号到两侧液压缸23，进行拉、压、弯载荷测试实验。

[0057] 在进行拉压弯测试实验前，首先进行试运行，通过液压控制系统发送控制信号到两侧液压缸，给较小的输入液压信号，观察第一、第二静态电阻应变仪28、31示值是否变化。

[0058] 之后，当进行拉载荷实验时：通过液压控制系统和步进电机控制器控制左侧液压缸向右运动、右侧液压缸向左运动；

[0059] 当进行压载荷实验时：通过液压控制系统和步进电机控制器控制左侧液压缸向左运动、右侧液压缸向右运动；

[0060] 当进行弯载荷实验时：通过液压控制系统和步进电机控制器控制左侧和右侧液压缸同时向左运动，或左侧和右侧液压缸同时向右运动。

[0061] 5) 根据输入、输出数据分析采集系统采集的应力数据以及液压缸的输出载荷计算值，得到该载荷下的各种误差值；

[0062] 本发明中涉及的井口连接器的力学行为参数主要包括：上下部铰链应变力、

[0063] 读出并记录第一静态电阻应变仪28上显示的横向杆和上/下部铰链上的应变片的应变值和第二静态电阻应变仪31上显示的连接器轴向应变片29和连接器径向应变片30示值,观察上下部铰链上应变片示值以判断是否存在误差;按照 $\sigma=E\varepsilon$ 计算横向杆和上/下部铰链的应力,然后按照 $F=\sigma A$ 计算横向杆和上/下部铰链受到的力,计算此时倍力机构倍力系数是否为计算值,并计算力放大系数相对误差;根据液压缸23的输出载荷,利用材料力学拉伸理论计算横向杆变形,并与第一静态电阻应变仪上显示的横向杆应变示值对比,计算液压缸在存在泄漏等情况下输出载荷的误差。

[0064] 6) 在保持液压缸加载负荷不变的前提下,更换与水平方向夹角大小不同的铰链,重复步骤5),即在保证输入载荷不变的情况下,改变力放大机构的放大系数进而改变输出载荷的大小,以观察在不同输出载荷下井口连接器及类似机构的力学行为。

[0065] 上述各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。

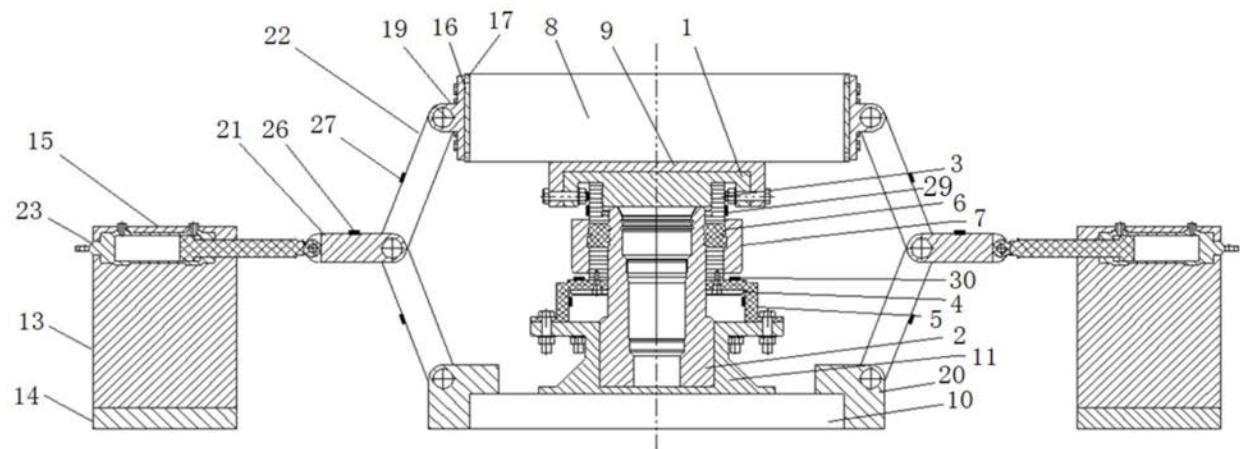


图1

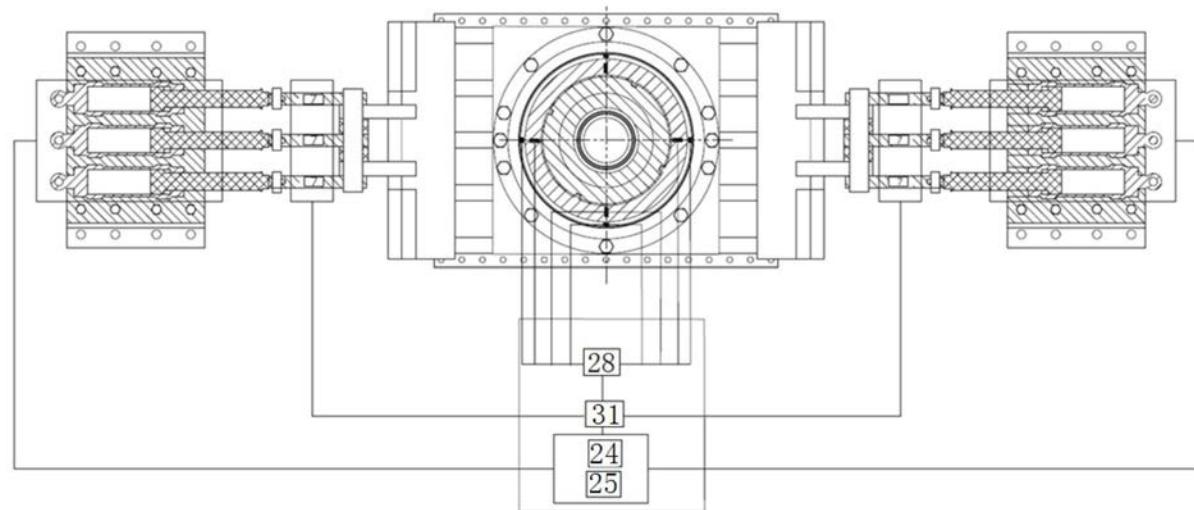


图2

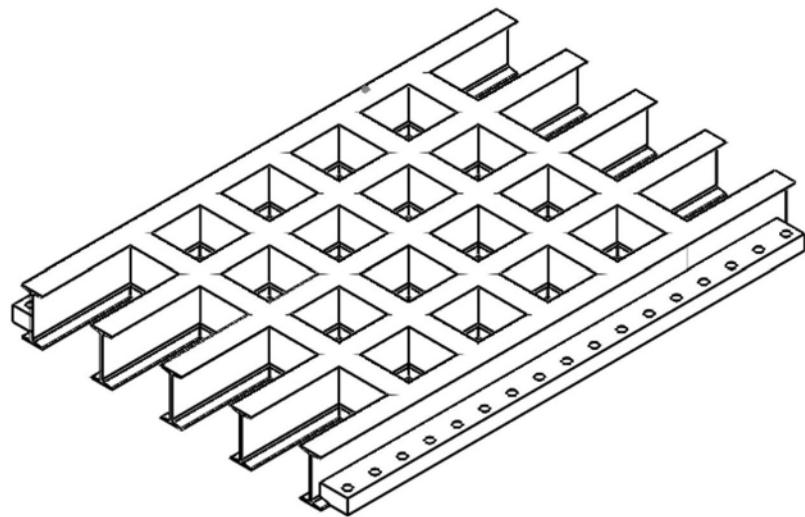


图3

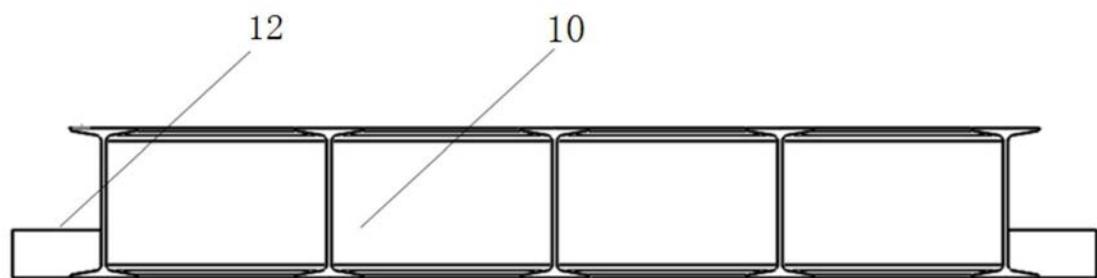


图4

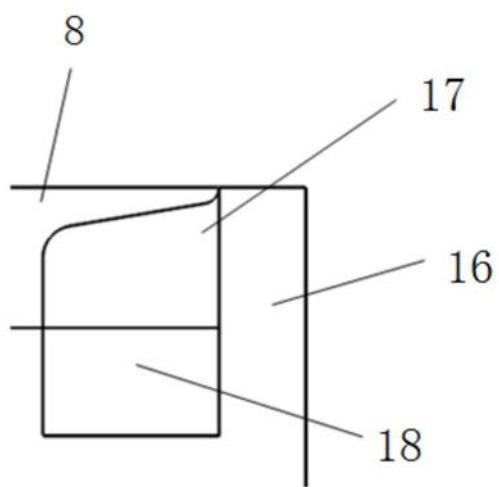


图5

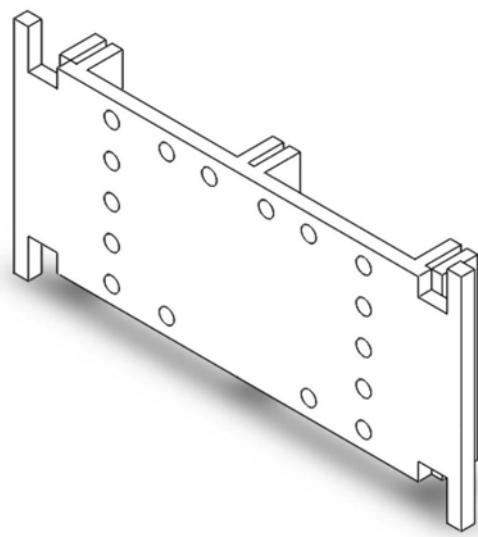


图6

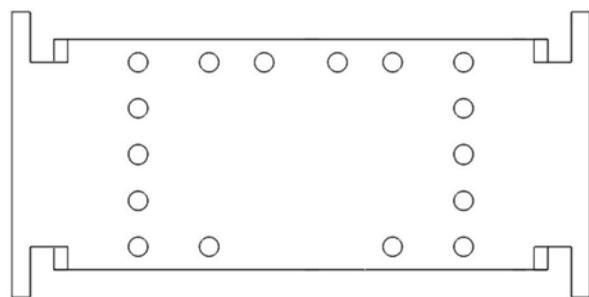


图7



图8



图9

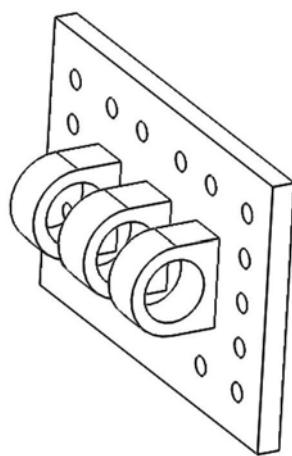


图10

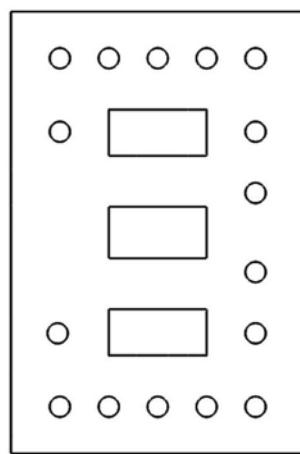


图11

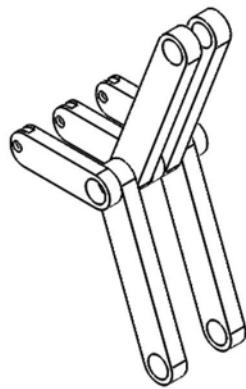


图12

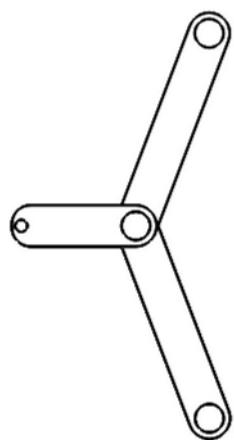


图13