



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117386348 A

(43) 申请公布日 2024. 01. 12

(21) 申请号 202311378753.1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2023.10.23

E21B 47/00 (2012.01)

E21B 47/06 (2012.01)

(71) 申请人 中国石油天然气集团有限公司

E21B 33/134 (2006.01)

地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号

申请人 中国石油集团工程技术研究院有限公司
北京石油机械有限公司

(72) 发明人 赵贺谦 张勇 陈省身 胡志燕
王方明 郭肇权 张学铭 马立伟
李兴杰

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司
11332
专利代理师 崔永永

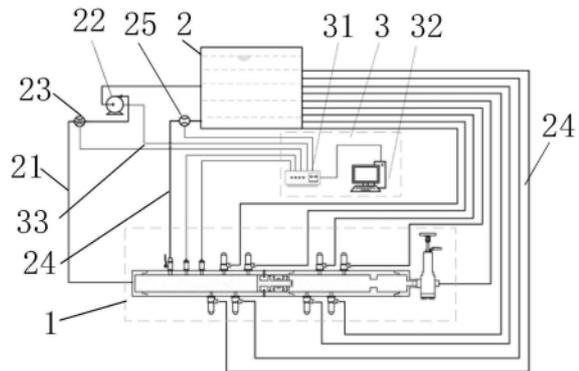
权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

桥塞滑移模拟实验系统和实验方法

(57) 摘要

本发明属于油气开发实验技术领域,公开了一种桥塞滑移模拟实验系统和实验方法。桥塞滑移模拟实验系统包括实验模块、水箱和数据采集与控制模块,水箱通过进液管路和回流管路与实验模块之间形成循环回路,实验模块包括实验套管上段、实验套管下段和模拟桥塞,实验套管上段从上到下依次设有回流阀、压力传感器、上段可调泄压阀和剪力钉,模拟桥塞通过剪力钉限位位于实验套管上段的内部;进液管路上设置高压泵和第一流量计,回流管路上设置第二流量计,压力传感器、高压泵、第一流量计和第二流量计均通讯连接于数据采集与控制模块。本发明可以实现桥塞滑移的实验模拟,并可以捕获其产生的水击压力信号,提高压裂施工桥塞故障诊断正确率。



1. 桥塞滑移模拟实验系统,其特征在于,包括:

实验模块(1),所述实验模块(1)包括实验套管上段(11)、实验套管下段(12)和模拟桥塞(13),所述实验套管上段(11)与所述实验套管下段(12)同轴连接,所述实验套管上段(11)从上到下依次设有回流阀(14)、压力传感器(15)、上段可调泄压阀(16)和剪力钉(17),所述模拟桥塞(13)设于所述实验套管上段(11)的内部并通过所述剪力钉(17)限位;

水箱(2),所述水箱(2)通过进液管路(21)连接所述实验套管上段(11)的进液口,所述进液管路(21)上设置高压泵(22)和第一流量计(23);所述回流阀(14)和所述上段可调泄压阀(16)分别通过回流管路(24)连接于所述水箱(2),所述回流阀(14)与所述水箱(2)之间的所述回流管路(24)上设置第二流量计(25);

数据采集与控制模块(3),所述压力传感器(15)、所述高压泵(22)、所述第一流量计(23)和所述第二流量计(25)均通讯连接于所述数据采集与控制模块(3)。

2. 根据权利要求1所述的桥塞滑移模拟实验系统,其特征在于,所述实验套管下段(12)设有阻挡环(124),当所述剪力钉(17)被剪断后,所述模拟桥塞(13)发生滑移并在滑移一段距离后能够止抵于所述阻挡环(124),所述实验套管下段(12)用于模拟所述模拟桥塞(13)在滑移后的重新锚定状态。

3. 根据权利要求2所述的桥塞滑移模拟实验系统,其特征在于,所述实验套管下段(12)设有多个下段可调泄压阀(18),所述下段可调泄压阀(18)通过所述回流管路(24)连接于所述水箱(2),多个所述下段可调泄压阀(18)在所述实验套管下段(12)的管壁呈螺旋分布,多个下段可调泄压阀(18)位于模拟桥塞(13)和所述阻挡环(124)之间,所述实验套管下段(12)用于模拟所述模拟桥塞(13)的完全滑移状态。

4. 根据权利要求1所述的桥塞滑移模拟实验系统,其特征在于,所述压力传感器(15)设有多个,多个所述压力传感器(15)的连线与所述实验套管上段(11)的轴线平行。

5. 根据权利要求4所述的桥塞滑移模拟实验系统,其特征在于,所述上段可调泄压阀(16)设有多个,多个所述上段可调泄压阀(16)沿所述实验套管上段(11)的外壁螺旋分布,用于模拟多个炮眼和裂缝。

6. 根据权利要求5所述的桥塞滑移模拟实验系统,其特征在于,所述剪力钉(17)设有多个,多个所述剪力钉(17)沿所述实验套管上段(11)的周向间隔设置。

7. 根据权利要求1所述的桥塞滑移模拟实验系统,其特征在于,所述模拟桥塞(13)包括:

芯轴(131),所述芯轴(131)上间隔设置剪切环(1311)和承压挡环(1312),所述剪力钉(17)穿设于所述实验套管上段(11)且所述剪力钉(17)位于所述剪切环(1311)和所述承压挡环(1312)之间以限定所述芯轴(131)的位置,所述剪切环(1311)能够剪断所述剪力钉(17);

胶筒(132),所述胶筒(132)套设在所述芯轴(131)上并与所述承压挡环(1312)抵接,紧固螺母(133)螺纹连接所述芯轴(131)并将所述胶筒(132)压紧在所述承压挡环(1312)上使得所述胶筒(132)发生膨胀并坐封于所述实验套管上段(11)。

8. 根据权利要求4所述的桥塞滑移模拟实验系统,其特征在于,所述实验套管下段(12)背离所述实验套管上段(11)的一端设有可调减压阀(122),所述可调减压阀(122)与所述水箱(2)通过所述回流管路(24)连接。

9. 桥塞滑移模拟实验方法,其特征在于,根据权利要求1-8任一项所述的桥塞滑移模拟实验系统,所述桥塞滑移模拟实验方法包括如下步骤:

S1,数据采集与控制模块(3)控制高压泵(22)启动,将水箱(2)内的水泵入实验套管上段(11),所述数据采集与控制模块(3)采集第一流量计(23)的流量值;

S2,调节回流阀(14)的流量使得所述实验套管上段(11)的内部流体压力为实验压力并作用在模拟桥塞(13)上,根据所述实验压力能够分别实现所述模拟桥塞(13)的完全滑移模拟、炮眼开启状态的模拟、所述模拟桥塞(13)滑移后重新锚定状态的模拟。

10. 根据权利要求9所述的桥塞滑移模拟实验方法,其特征在于,步骤S2中,当实验套管下段(12)设有多个下段可调泄压阀(18)和阻挡环(124),设置上段可调泄压阀(16)和所述下段可调泄压阀(18)的泄压阈值均高于剪力钉(17)的剪断压力,调节所述回流阀(14)的流量使得所述实验套管上段(11)的内部流体压力为第一实验压力,所述第一实验压力高于所述剪力钉(17)的剪断压力且低于所述上段可调泄压阀(16)和所述下段可调泄压阀(18)的泄压阈值,所述模拟桥塞(13)在所述第一实验压力下向下滑动,所述剪力钉(17)被剪断,所述模拟桥塞(13)滑进实验套管下段(12)并最终止抵于所述阻挡环(124);所述数据采集与控制模块(3)采集回流管路(24)上第二流量计(25)的流量值和所述实验套管上段(11)的压力传感器(15)的压力值,实现所述模拟桥塞(13)的完全滑移模拟。

11. 根据权利要求9所述的桥塞滑移模拟实验方法,其特征在于,步骤S2中,设置所述上段可调泄压阀(16)的泄压阈值低于剪力钉(17)的剪断压力,调节所述回流阀(14)的流量使得所述实验套管上段(11)的内部流体压力为第二实验压力,所述第二实验压力高于所述上段可调泄压阀(16)的泄压阈值且低于所述剪力钉(17)的剪断压力,所述上段可调泄压阀(16)在所述第二实验压力的作用下开启,所述实验套管上段(11)内部的水回流至所述水箱(2),实现炮眼开启状态的模拟。

12. 根据权利要求9所述的桥塞滑移模拟实验方法,其特征在于,步骤S2中,当实验套管下段(12)仅设有阻挡环(124),设置所述上段可调泄压阀(16)的泄压阈值高于剪力钉(17)的剪断压力,调节所述回流阀(14)的流量使得所述实验套管上段(11)的内部流体压力为第三实验压力,所述第三实验压力低于所述上段可调泄压阀(16)的泄压阈值且高于所述剪力钉(17)的剪断压力,所述剪力钉(17)被剪断后,所述模拟桥塞(13)滑进所述实验套管下段(12)一段距离后接触所述阻挡环(124)并停止滑移,所述实验套管上段(11)和所述实验套管下段(12)的内部流体压力逐渐升高,当所述内部流体压力大于所述上段可调泄压阀(16)的泄压阈值时,所述上段可调泄压阀(16)开启,所述实验套管上段(11)的内部流体回流至所述水箱(2),实现所述模拟桥塞(13)滑移后重新锚定状态的模拟。

桥塞滑移模拟实验系统和实验方法

技术领域

[0001] 本发明涉及油气开发实验技术领域,尤其涉及一种桥塞滑移模拟实验系统和实验方法。

背景技术

[0002] 随着非常规油气产量占比持续升高,非常规油气资源正逐渐成为我国油气勘探开发的主体。目前,水平井分段压裂是非常规油气资源开发的主要手段。桥塞作为井下封隔工具,可防止各段之间压裂液窜流,是分段压裂施工中必不可少的井下工具。

[0003] 现有技术中,桥塞的室内实验,可以对桥塞的坐封能力、密封效果和溶解特性进行分析,并以此为依据开发各种系列桥塞。桥塞的坐封能力测试多采用液压的方式,使桥塞卡瓦齿吃入套管来模拟桥塞的坐封过程。当桥塞坐封后,开始在实验装置的一侧加压,以测试桥塞的密封性能。随着深井、超深井数量增加,地层温度对桥塞的影响无法忽略,增加了桥塞的坐封、承压、钻磨及溶解特性测试。

[0004] 由于井下套管变形、桥塞坐封力(丢手力)不够等因素,桥塞井下滑移的现象时有发生,最终可导致压裂效果无法达到预期,对油气产量造成负面影响。在前期现场试验过程中,三口井压裂82段,疑似桥塞滑移26次,占比31.7%。及时准确地判断桥塞滑移情况对后续压裂方法调整、保障压裂施工效果至关重要。但现有技术中对桥塞滑移均无法完成实验室的模拟测试,因此亟需开发一套桥塞滑移室内模拟实验系统,为桥塞井下滑移精确判断提供实验基础。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种桥塞滑移模拟实验系统和实验方法,以获得桥塞滑移过程中压力信号特性,提高压裂施工对桥塞滑移判断的正确率。

[0006] 为达此目的,本发明采用以下技术方案:

[0007] 桥塞滑移模拟实验系统,包括:

[0008] 实验模块,所述实验模块包括实验套管上段、实验套管下段和模拟桥塞,所述实验套管上段与所述实验套管下段同轴连接,所述实验套管上段从上到下依次设有回流阀、压力传感器、上段可调泄压阀和剪力钉,所述模拟桥塞设于所述实验套管上段的内部并通过所述剪力钉限位;

[0009] 水箱,所述水箱通过进液管路连接所述实验套管上段的进液口,所述进液管路上设置高压泵和第一流量计;所述回流阀和所述上段可调泄压阀分别通过回流管路连接于所述水箱,所述回流阀与所述水箱之间的所述回流管路上设置第二流量计;

[0010] 数据采集与控制模块,所述压力传感器、所述高压泵、所述第一流量计和所述第二流量计均通讯连接于所述数据采集与控制模块。

[0011] 可选地,所述实验套管下段设有阻挡环,当所述剪力钉被剪断后,所述模拟桥塞发生滑移并在滑移一段距离后能够止抵于所述阻挡环,所述实验套管下段用于模拟所述模拟

桥塞在滑移后的重新锚定状态。

[0012] 可选地,所述实验套管下段设有多个下段可调泄压阀,所述下段可调泄压阀通过所述回流管路连接于所述水箱,多个所述下段可调泄压阀在所述实验套管下段的管壁呈螺旋分布,多个所述下段可调泄压阀位于所述模拟桥塞和所述阻挡环之间,所述实验套管下段用于模拟所述模拟桥塞的完全滑移状态。

[0013] 可选地,所述压力传感器设有多个,多个所述压力传感器的连线与所述实验套管上段的轴线平行。

[0014] 可选地,所述上段可调泄压阀设有多个,多个所述上段可调泄压阀沿所述实验套管上段的外壁螺旋分布,用于模拟多个炮眼和裂缝。

[0015] 可选地,所述剪力钉设有多个,多个所述剪力钉沿所述实验套管上段的周向间隔设置。

[0016] 可选地,所述模拟桥塞包括:

[0017] 芯轴,所述芯轴上间隔设置剪切环和承压挡环,所述剪力钉穿设于所述实验套管上段且所述剪力钉位于所述剪切环和所述承压挡环之间以限定所述芯轴的位置,所述剪切环能够剪断所述剪力钉;

[0018] 胶筒,所述胶筒套设在所述芯轴上并与所述承压挡环抵接,紧固螺母螺纹连接所述芯轴并将所述胶筒压紧在所述承压挡环上使得所述胶筒发生膨胀并坐封于所述实验套管上段。

[0019] 可选地,所述实验套管下段背离所述实验套管上段的一端设有可调减压阀,所述可调减压阀与所述水箱通过所述回流管路连接。

[0020] 本发明还提供一种桥塞滑移模拟实验方法,根据所述的桥塞滑移模拟实验系统,所述桥塞滑移模拟实验方法包括如下步骤:

[0021] S1,数据采集与控制模块控制高压泵启动,将水箱内的水泵入实验套管上段,所述数据采集与控制模块采集第一流量计的流量值;

[0022] S2,调节回流阀的流量使得所述实验套管上段的内部流体压力为实验压力并作用在模拟桥塞上,根据所述实验压力能够分别实现所述模拟桥塞(13)的完全滑移模拟、炮眼开启状态的模拟、所述模拟桥塞(13)滑移后重新锚定状态的模拟。

[0023] 可选地,步骤S2中,当实验套管下段设有多个下段可调泄压阀和阻挡环,设置上段可调泄压阀和所述下段可调泄压阀的泄压阈值均高于所述剪力钉的剪断压力时,调节所述回流阀的流量使得所述实验套管上段的内部流体压力为第一实验压力,所述第一实验压力高于所述剪力钉的剪断压力且低于所述上段可调泄压阀的泄压阈值,所述模拟桥塞在所述第一实验压力下向下滑动,剪力钉被剪断,所述模拟桥塞滑进实验套管下段并最终止抵于所述阻挡环;所述数据采集与控制模块采集回流管路上第二流量计的流量值和所述实验套管上段的压力传感器的压力值,实现所述模拟桥塞的完全滑移模拟。

[0024] 可选地,步骤S2中,设置所述上段可调泄压阀的泄压阈值低于所述剪力钉的剪断压力,调节所述回流阀的流量使得所述实验套管上段的内部流体压力为第二实验压力,所述第二实验压力高于所述上段可调泄压阀的泄压阈值且低于所述剪力钉的剪断压力,所述上段可调泄压阀在所述第二实验压力的作用下开启,所述实验套管上段内部的水回流至所述水箱,实现炮眼开启状态的模拟。

[0025] 可选地,步骤S2中,当实验套管下段仅设有阻挡环,设置所述上段可调泄压阀的泄压阈值高于所述剪力钉的剪断压力,调节所述回流阀的流量使得所述实验套管上段的内部流体压力为第三实验压力,所述第三实验压力低于所述上段可调泄压阀的泄压阈值且高于所述剪力钉的剪断压力,所述剪力钉被剪断后,所述模拟桥塞滑进所述实验套管下段一段距离后接触所述阻挡环并停止滑移,所述实验套管上段和所述实验套管下段的内部流体压力逐渐升高,当所述内部流体压力大于所述上段可调泄压阀的泄压阈值时,所述上段可调泄压阀开启,所述实验套管上段的内部流体回流至所述水箱,实现所述模拟桥塞滑移后重新锚定状态的模拟。

[0026] 本发明的有益效果:

[0027] 本发明的桥塞滑移模拟实验系统,包括实验模块、水箱和数据采集与控制模块,通过数据采集与控制模块,可以在模拟实验过程中实时采集实验数据,包括流量和压力数据,为桥塞滑移识别提供可靠的依据;水箱和实验模块通过进液管路和回流管路建立水循环管路,实验模块包括实验套管上段和实验套管下段和设置在二者内部的模拟桥塞,实验套管上段设有回流阀、上段可调泄压阀和压力传感器,并通过剪力钉固定模拟桥塞,通过回流阀可以实现对实验压力的调节,配合上段可调泄压阀,可以实现对炮眼开启状态、桥塞完全滑移状态、桥塞滑移后重新锚定状态等多种井下桥塞状态的室内模拟,并可以在实验模拟过程中通过压力传感器捕获在实验套管上段产生的水击压力信号,为井下桥塞工作状态识别提供实验基础,提高井下桥塞滑移判断的正确率。

[0028] 本发明的桥塞滑移模拟实验方法,通过数据采集与控制模块控制高压泵,并采集压力传感器、第一流量计和第二流量计的流量数据,进而实现对模拟桥塞的滑移模拟过程中的参数监测;通过回流阀可以调节实验压力,并通过设置上段可调泄压阀、下段可调泄压阀的泄压阈值,可以实现对炮眼开启状态、桥塞完全滑移状态、桥塞滑移后重新锚定状态等多种井下桥塞状态的室内模拟,并可以捕获水击压力信号,为井下桥塞工作状态识别提供实验基础,提高桥塞滑移判断的正确率。

附图说明

[0029] 图1为本发明的桥塞滑移模拟实验系统的结构示意图;

[0030] 图2为本发明中涉及的实验模块的结构示意图;

[0031] 图3为本发明中涉及的实验模块中的实验套管上段的结构示意图;

[0032] 图4为本发明中涉及的实验模块中实验套管下段的完全滑移模式结构示意图;

[0033] 图5为图4的轴向剖面图;

[0034] 图6为本发明中涉及的实验模块中实验套管下段的重新锚定模式的结构示意图;

[0035] 图7为图6的轴向剖面图;

[0036] 图8为本发明中涉及的实验模块中的模拟桥塞的结构示意图;

[0037] 图9为本发明中涉及的模拟桥塞的芯轴的结构示意图;

[0038] 图10为本发明中涉及的模拟桥塞的胶筒结构示意图;

[0039] 图11为图10中胶筒的剖面图;

[0040] 图12为本发明中涉及的模拟桥塞的压盖的结构示意图;

[0041] 图13为本发明的桥塞滑移模拟实验方法的流程图。

[0042] 图中:

[0043] 1、实验模块;11、实验套管上段;111、入口转换接头;112、第一连接口;113、第二连接口;114、第三连接口;115、第四连接口;12、实验套管下段;121、出口转换接头;122、可调减压阀;123、第五连接口;124、阻挡环;13、模拟桥塞;131、芯轴;1311、剪切环;1312、承压挡环;1313、内六角槽;132、胶筒;1321、防脱卡环;1322、预变形槽;133、紧固螺母;134、压盖;1341、第一卡槽;1342、第二卡槽;14、回流阀;15、压力传感器;16、上段可调泄压阀;17、剪力钉;18、下段可调泄压阀;

[0044] 2、水箱;21、进液管路;22、高压泵;23、第一流量计;24、回流管路;25、第二流量计;

[0045] 3、数据采集与控制模块;31、控制卡;32、计算器;33、数据电缆。

具体实施方式

[0046] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。可以理解的是,此处所描述的具体实施例仅仅用于解释本发明,而非对本发明的限定。另外还需要说明的是,为了便于描述,附图中仅示出了与本发明相关的部分而非全部结构。

[0047] 在本发明的描述中,除非另有明确的规定和限定,术语“相连”、“连接”、“固定”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0048] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征之“上”或之“下”可以包括第一和第二特征直接接触,也可以包括第一和第二特征不是直接接触而是通过它们之间的另外的特征接触。而且,第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”包括第一特征在第二特征正上方和斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”包括第一特征在第二特征正下方和斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0049] 在本实施例的描述中,术语“上”、“下”、“左”、“右”等方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述和简化操作,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”仅仅用于在描述上加以区分,并没有特殊的含义。

[0050] 如图1-图3所示,本发明实施例提供一种桥塞滑移模拟实验系统,包括实验模块1、水箱2和数据采集与控制模块3,实验模块1包括实验套管上段11、实验套管下段12和模拟桥塞13,实验套管上段11与实验套管下段12同轴连接,实验套管上段11从上到下依次设有回流阀14、压力传感器15、上段可调泄压阀16和剪力钉17,模拟桥塞13设于实验套管上段11的内部并通过剪力钉17限位;水箱2通过进液管路21连接实验套管上段11的进液口,进液管路21上设置高压泵22和第一流量计23;回流阀14和上段可调泄压阀16分别通过回流管路24连接于水箱2,回流阀14与水箱2之间的回流管路24上设置第二流量计25;压力传感器15、高压泵22、第一流量计23和第二流量计25均通讯连接于数据采集与控制模块3。

[0051] 本发明的桥塞滑移模拟实验系统,通过数据采集与控制模块3通讯连接压力传感器15,可以在模拟桥塞13的不同模拟实验过程中,实时捕获实验套管上段11内的水击压力

信号,为井下桥塞不同工作状态的监测提供数据支持,利于准确判断井下桥塞的工作状态。通过数据采集与控制模块3通讯连接高压泵22,可以自动开启高压泵22实现实验自动控制,提高实验效果和精度控制;通过数据采集与控制模块3通讯连接第一流量计23和第二流量计25,可以对泵入实验套管上段11的液体流量以及回流至水箱2的液体流量进行监控,以便于控制实验套管上段11的内部流体的压力。本发明实现了在模拟实验过程中实时采集实验数据,包括流量和压力数据,以便得到模拟桥塞13在不同工作状态下的实验参数,为井下桥塞滑移识别提供可靠的判断依据。本发明通过将水箱2和实验模块1通过进液管路21和回流管路24建立水循环回路,实验模块1包括实验套管上段11和实验套管下段12和设置在内部的模拟桥塞13,实验套管上段11设有回流阀14、上段可调泄压阀16和压力传感器15,并通过剪力钉17固定模拟桥塞13,通过回流阀14可以实现对实验压力的调节,配合上段可调泄压阀16和实验套管下段12,可以实现对炮眼开启状态、模拟桥塞13完全滑移状态、模拟桥塞13滑移后重新锚定状态等多种井下桥塞状态的室内模拟,并在实验模拟过程中采集水击压力信号,为井下桥塞工作状态识别提供实验基础,提高井下桥塞的滑移识别正确率。

[0052] 补充说明的是,高压泵22为大排量高压泵,作为模拟桥塞13滑移的动力来源,为整个实验系统的流体循环提供动力。数据采集与控制模块3包括控制卡31和计算器32,可以根据采集的流量和压力数据等参数,如流量差值,控制高压泵22的工作和控制实验压力,模拟井下炮眼及裂缝开启、模拟流体进入地层的压力,实现对裂缝开启状态模拟、模拟桥塞13滑移后重新锚定状态模拟以及模拟桥塞13完全滑移状态的模拟。数据采集与控制模块3通过数据电缆33分别连接压力传感器15、高压泵22、第一流量计23和第二流量计25,实现可靠的数据采集。

[0053] 如图2所示,实验套管上段11的左端为进液口,进液口处螺纹连接入口转换接头111,入口转换接头111通过由壬接头连接进液管路21,实验套管上段11的右端螺纹连接实验套管下段12的左端,实验套管下段12的右端螺纹连接出口转换接头121,出口转换接头121连接回流管路24实现与水箱2的连接。为了便于回流阀14、压力传感器15、上段可调泄压阀16和剪力钉17的安装和连接,如图3所示,实验套管上段11上分别设有第一接口112、第二接口113、第三接口114和第四接口115,一般地,第一接口112、第二接口113、第三接口114和第四接口115均为螺纹孔,以便于连接和密封。回流阀14通过第一接口112连接实验套管上段11,回流阀14连接在实验套管上段11和水箱2之间,通过调节回流阀14的开度,可对回流流量和压力进行调节,进而实现对实验压力的调节。

[0054] 本发明实施例提供两种形式的实验套管下段12,分别对应模拟桥塞13的完全滑移模式和重新锚定模式,实验套管下段12与实验套管上段11之间螺纹连接,便于快速拆卸和安装,以便于切换实验状态。

[0055] 具体地,第一种,实验套管下段12内仅设有阻挡环124,模拟桥塞13在滑移一段距离后能够止抵于阻挡环124,用于模拟模拟桥塞13在滑移后的重新锚定状态。

[0056] 如图6和图7所示,实验套管下段12的侧壁没有开孔,内壁设有阻挡环124,模拟桥塞13在滑移一段距离后止抵于阻挡环124,实现重新锚定状态的模拟。其中,阻挡环124为实验套管下段12的内壁上的环形凸起,阻挡环124的内孔径小于模拟桥塞13的外径进而能够实现模拟桥塞13的阻挡。

[0057] 第二种,如图4和图5所示,实验套管下段12设有多个下段可调泄压阀18和阻挡环

124,下段可调泄压阀18通过回流管路24连接于水箱2,多个下段可调泄压阀18在实验套管下段12的外壁呈螺旋分布,第二种实验套管下段12用于模拟模拟桥塞13的完全滑移状态。

[0058] 如图4,在实验套管下段12的侧壁上设有多个第五接口123,多个第五接口123可以为螺纹口,用于螺纹连接多个下段可调泄压阀18,多个下段可调泄压阀18在实验套管下段12的外壁呈螺旋分布,旋向方向与上段可调泄压阀16的旋向相同,在模拟桥塞13滑移时,通过调节多个下段可调泄压阀18的泄压阈值,模拟桥塞13在滑移一端距离后能够止抵于阻挡环124,第二种实验套管下段12可以用来模拟井下分段压裂过程中多个炮眼和裂缝的情况。

[0059] 可选地,压力传感器15设有多个,多个压力传感器15的连线与实验套管上段11的轴线平行。

[0060] 其中,压力传感器15采用高精度高频压力传感器,用于采集各种实验压力的模拟状态下的压力波动情况,多个压力传感器15螺纹连接和安装在实验套管上段11的多个第二接口113处,多个压力传感器15间隔设置,本实施例中设置两个压力传感器15,两个压力传感器15通过采集的压力波动信号并发送给数据采集与控制模块3,可以分析出压力波传播速度和衰减规律。第二接口113设置在第一接口112的下游,两个第二接口113的中心连线与实验套管上段11的轴线平行,即两个压力传感器15的安装位置的连线沿实验套管上段11的轴线方向,两个压力传感器15间隔设置,可以监测实验套管上段11内部产生的水击压力信号的传播,为井下桥塞的工作状态识别提供实验数据基础。

[0061] 可选地,上段可调泄压阀16设有多个,多个上段可调泄压阀16沿实验套管上段11的外壁螺旋分布,用于模拟多个炮眼和裂缝。

[0062] 如图4,本实施例中,实验套管上段11设有多个第三接口114,分别用于安装多个上段可调泄压阀16,上段可调泄压阀16螺纹连接于第三接口114,第三接口114呈螺旋分布的形式,可以模拟多个炮眼和裂缝的情况,通过调节上段可调泄压阀16的泄压阈值,可以模拟炮眼处地层的破裂压力。

[0063] 可选地,剪力钉17设有多个,多个剪力钉17沿实验套管上段11的周向间隔设置。

[0064] 如图4,实验套管上段11的右端的周向设置多个第四接口115,多个剪力钉17分别螺纹安装在多个第四接口115内,圆周分布的剪力钉17,利于均匀支撑限位模拟桥塞13,使得桥塞13在受到流体压力时具有周向均衡的受力,并利于剪力钉17的剪断。剪力钉17的端部穿设在实验套管上段11的内部,模拟桥塞13限位于剪力钉17上,剪力钉17一方面能够支撑模拟桥塞13,另一方面,当剪力钉17被剪断后,剪力钉17仍可以封堵在第四接口115处,避免液体泄漏。

[0065] 可选地,模拟桥塞13包括芯轴131和胶筒132,芯轴131上间隔设置剪切环1311和承压挡环1312,剪力钉17穿设于实验套管上段11且剪力钉17位于剪切环1311和承压挡环1312之间以限定芯轴131的位置,剪切环1311能够剪断剪力钉17;胶筒132套设在芯轴131上并与承压挡环1312抵接,紧固螺母133螺纹连接芯轴131并将胶筒132压紧在承压挡环1312上使得胶筒132发生膨胀并坐封于实验套管上段11。

[0066] 如图8和图9所示,本实施例中,剪切环1311设置在芯轴13的左侧端面处用以承载左端流体压力,并能够在模拟实验中在模拟桥塞13滑移时剪断剪力钉17。承压挡环1312设置在剪切环1311的右侧并间隔一定距离,以便于穿设在实验套管上段11上的剪力钉17能够

插设在剪切环1311和承压挡环1312之间的空隙,进而对模拟桥塞13的初始安装位置进行限位;同时,承压挡环1312用来承受模拟桥塞13压缩时胶筒132的反弹力。芯轴131的右端面处开设有轴向内六角槽1313,当紧固螺母133与芯轴131螺纹连接时,内六角槽1313用于提供模拟桥塞13坐封过程中紧固螺母133旋转时的反作用力,帮助紧固螺母133锁紧,紧固螺母133锁紧时压紧胶筒132使得胶筒132变形膨胀,实现坐封。优选地,胶筒132的两端分别设有压盖134,如图10-图12,压盖134的侧壁边缘设有第一卡槽1341,第一卡槽1341用于安装O型密封圈,0型密封圈凸出第一卡槽1341设置,即0型密封圈的外径大于第一卡槽1341的外径,在胶筒132压缩膨胀并坐封时,0型密封圈与实验套管上段11的内壁或实验套管下段12的内壁之间紧密接触密封,实现套管封隔。压盖134的端面开设有第二卡槽1342,胶筒132的两端分别设有防脱卡环1321,当压盖134与胶筒132的端部安装时,防脱卡环1321能够插设在第二卡槽1342内,增加胶筒132和压盖134之间的紧密性,防止胶筒132在压缩变形后与压盖134脱离。进一步地,如图11,胶筒132的内壁中间设有预变形槽1322,预变形槽1322与胶筒132、芯轴131同轴设置,当紧固螺母133螺纹连接芯轴131并朝向承压挡环1312侧不断旋进时,紧固螺母133逐渐压紧胶筒132,预变形槽1322利于胶筒132发生变形,以使得胶筒132能够封堵或坐封在实验套管上段11。

[0067] 可选地,实验套管下段12背离实验套管上段11的一端设有可调减压阀122,可调减压阀122与水箱2通过回流管路24连接。

[0068] 如图1和图2所示,实验套管下段12的右端螺纹连接出口转换接头121,出口转换接头121上连接可调减压阀122,可调减压阀122可以调节压降和流量的关系,实验套管下段12内的流体流经可调减压阀122后压力将降为水箱2的压力,并回流至水箱2。

[0069] 本发明实施例还提供一种桥塞滑移模拟实验方法,可以进行模拟桥塞13的完全滑移、炮眼开启状态和模拟桥塞13滑移后重新锚定状态的模拟实验。需要说明的是,在进行上述模拟桥塞13的模拟实验之前,每次都需要根据所要进行的实验模拟状态,选择剪力钉17的强度、材料等,使其满足在不同的实验压力(实验套管上段11的内部流体压力)下被剪断或实验中不被剪断。剪力钉17的剪断压力根据剪力钉17的抗剪力能够折算得出。实验过程中的实验压力控制通过调整高压泵22的排量以及回流阀14的流量可以实现。

[0070] 根据上述实施例提供的桥塞滑移模拟实验系统,如图13所示流程图,桥塞滑移模拟实验方法包括如下步骤:

[0071] S1,数据采集与控制模块3控制高压泵22启动,将水箱2内的水泵入实验套管上段11,数据采集与控制模块3采集第一流量计23的流量值;

[0072] S2,调节回流阀14的流量使得实验套管上段11的内部流体压力为实验压力,实验压力作用的模拟桥塞13上,实现模拟桥塞13的完全滑移状态、炮眼开启状态和滑移后的重新锚定状态的模拟实验。

[0073] 其中,实验套管上段11内部的水,一部分通过回流阀14回流至水箱2,另一部分在模拟桥塞13上产生实验压力;调整可调减压阀122,使其工作压降低于剪力钉17的剪断压力。

[0074] 完全滑移状态模拟:实验套管下段12采用第二种,实验套管下段12设有多个下段可调泄压阀18和阻挡环124。步骤S2中,设置上段可调泄压阀16和下段可调泄压阀18的泄压阈值均高于剪力钉17的剪断压力;调节回流阀14的流量使得实验套管上段11的内部流体压

力为第一实验压力,第一实验压力大于剪力钉17的剪断压力且小于上段可调泄压阀16的泄压阈值。模拟桥塞13在第一实验压力下向下滑动并与剪力钉17抵接,直到剪力钉17被剪断,模拟桥塞13滑进实验套管下段12并最终止抵于阻挡环124;数据采集与控制模块3采集回流管路24上第二流量计25的流量值和实验套管上段11的压力传感器15的压力值,实现模拟桥塞13的完全滑移模拟。其中,剪力钉17剪断后,实验套管上段11内产生的水击压力信号被压力传感器15检测并发送给数据采集与控制模块3。

[0075] 炮眼开启状态模拟:步骤S2中,设置上段可调泄压阀16的泄压阈值低于剪力钉17的剪断压力,调节回流阀14的流量使得实验套管上段11的内部流体压力为第二实验压力,第二实验压力高于上段可调泄压阀16的泄压阈值且低于剪力钉17的剪断压力,当模拟桥塞13的芯轴131运动至剪切环1311与剪力钉17接触时,实验套管上段11的内部压力升高;由于上段可调泄压阀16的泄压阈值低于剪力钉17的剪断压力,因此,上段可调泄压阀16在第二实验压力的作用下自动开启,实验套管上段11内部的液体经可调泄压阀16和回流管路24回流至水箱2,实现炮眼开启状态的模拟,结束后关闭实验系统。炮眼开启状态模拟实验中,所采用的实验套管下段12可以是完全滑移模式,也可以是重新锚定模式。上段可调泄压阀16泄流产生的水击压力信号被压力传感器15检测并上传给数据采集与控制模块3。

[0076] 滑移后重新锚定模拟:实验套管下段12采用第一种,仅设有阻挡环124。步骤S2中,设置上段可调泄压阀16高于剪力钉17的剪断压力,调节回流阀14的流量使得实验套管上段11的内部流体压力为第三实验压力,第三实验压力低于上段可调泄压阀16泄压阈值且高于剪力钉17的剪断压力,模拟桥塞13在第三实验压力的作用下向右移动,当剪切环1311接触剪力钉17时,剪力钉17被剪断,实验套管上段11内的流体推动模拟桥塞13滑移,当模拟桥塞13滑移一段距离并接触到实验套管下段12内的阻挡环124时停止滑移,然后实验套管下段12和实验套管上段11的内部流体压力逐渐升高,当内部流体压力大于上段可调泄压阀16的泄压阈值时,上段可调泄压阀16开启,套管(包括实验套管上段11和实验套管下段12)内部流体回流至水箱2,实现模拟桥塞13滑移后重新锚定状态的模拟,结束后关闭实验系统。

[0077] 本发明的桥塞滑移模拟实验方法,通过数据采集与控制模块3控制高压泵22,并采集压力传感器15的压力波动数据,采集第一流量计23和第二流量计25的流量数据,进而实现对模拟桥塞13滑移模拟过程的性能参数检测以及整体控制;通过回流阀14可以调节实验压力,并通过同时设置多个上段可调泄压阀16的泄压阈值,可以实现对炮眼开启状态、模拟桥塞13的完全滑移状态、模拟桥塞13滑移后重新锚定状态的室内模拟,并可以捕获模拟实验过程中套管内产生的水击压力信号,体现为压力波动信号,为井下桥塞工作状态识别提供实验基础,利于提高压裂施工过程中井下桥塞滑移状态判断或识别的正确率。

[0078] 显然,本发明的上述实施例仅仅是为了清楚说明本发明所作的举例,而并非是对本发明的实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,能够进行各种明显的变化、重新调整和替代而不会脱离本发明的保护范围。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明权利要求的保护范围之内。

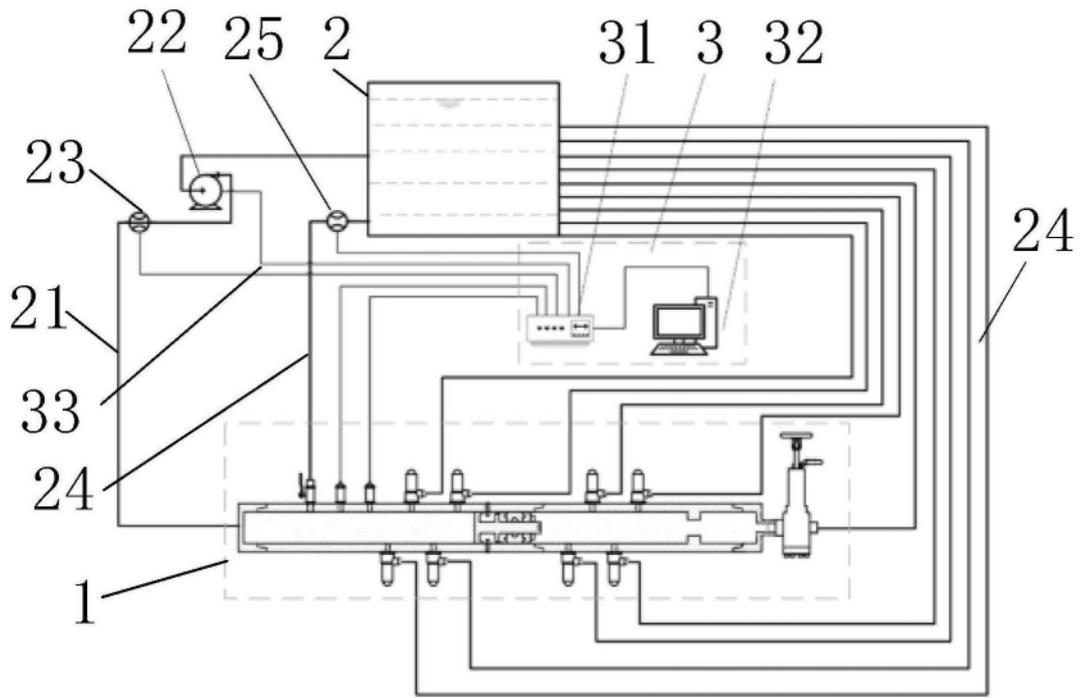


图1

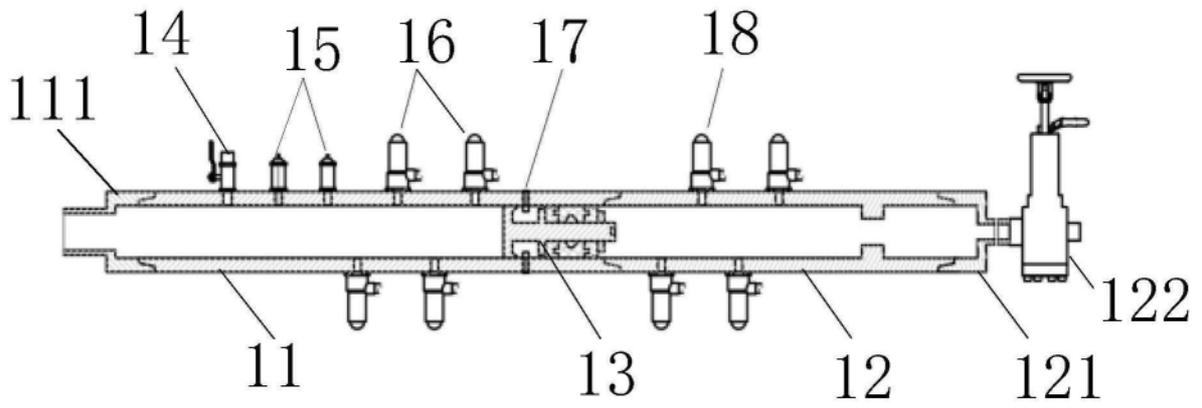


图2

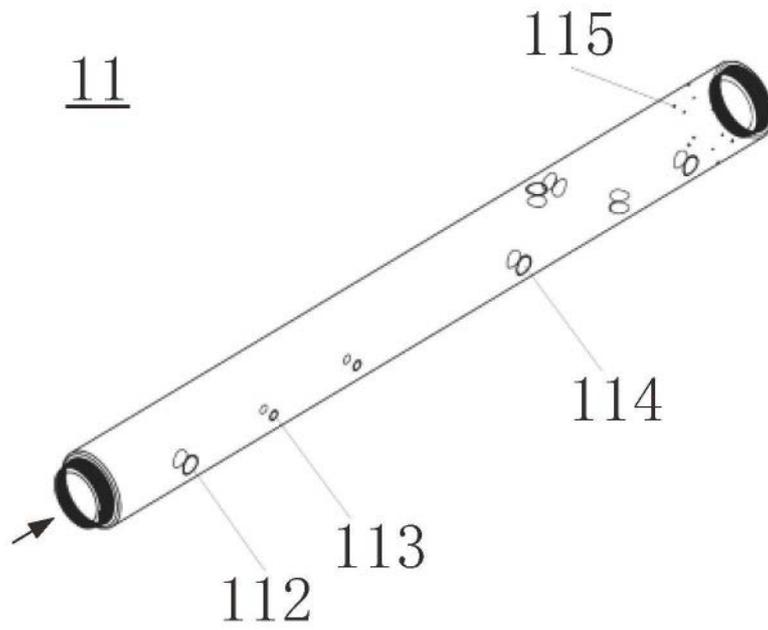


图3

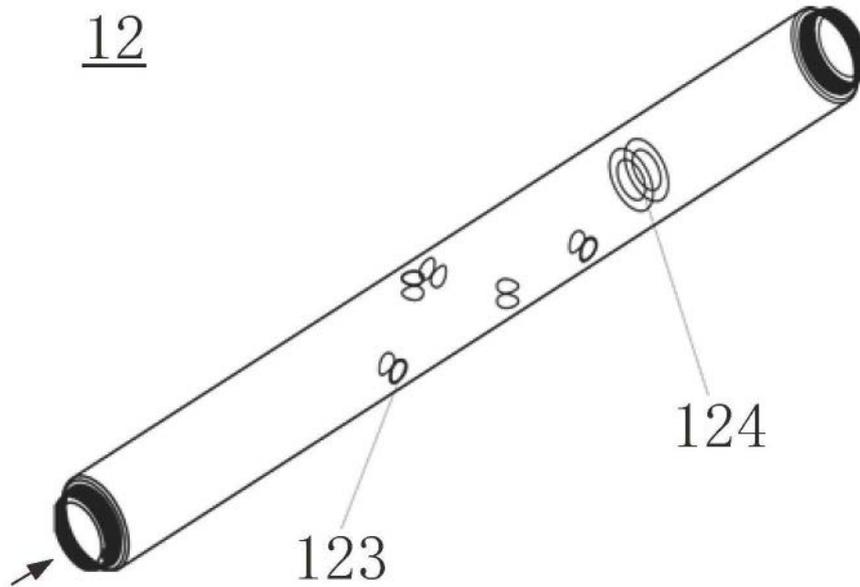


图4

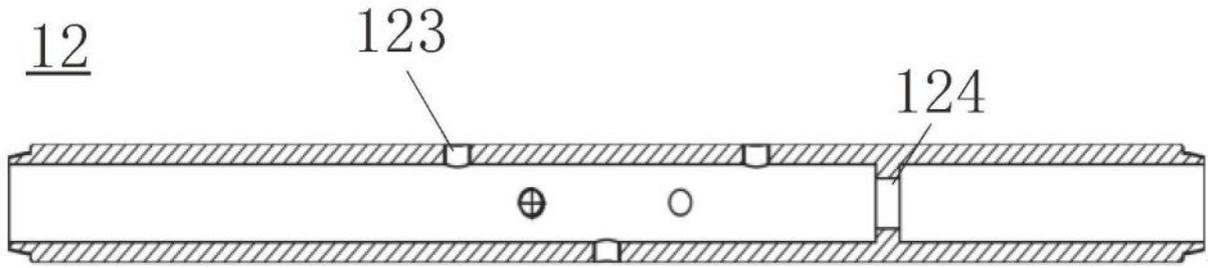


图5

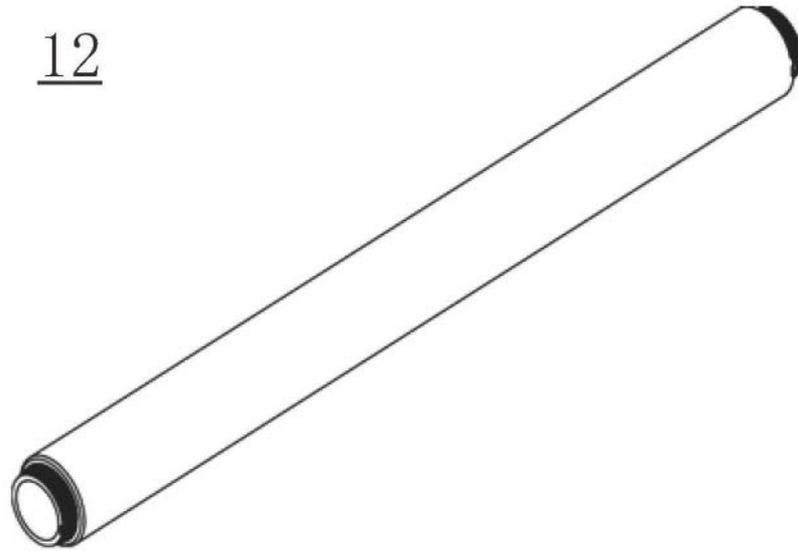


图6



图7

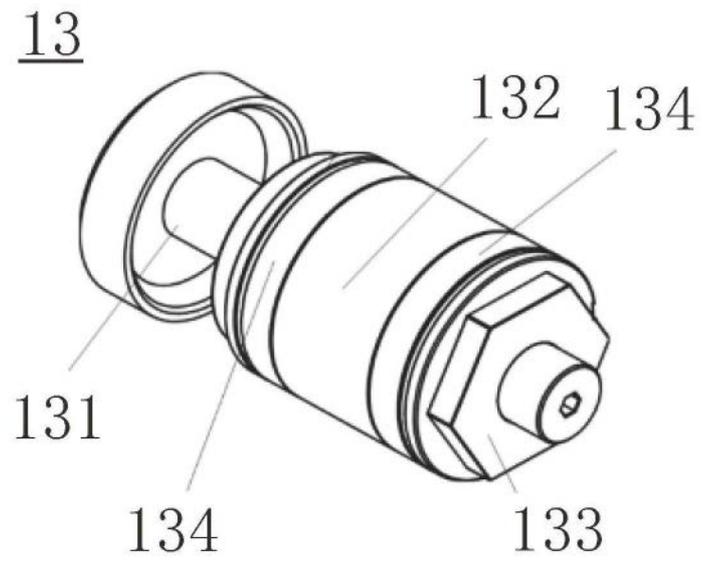


图8

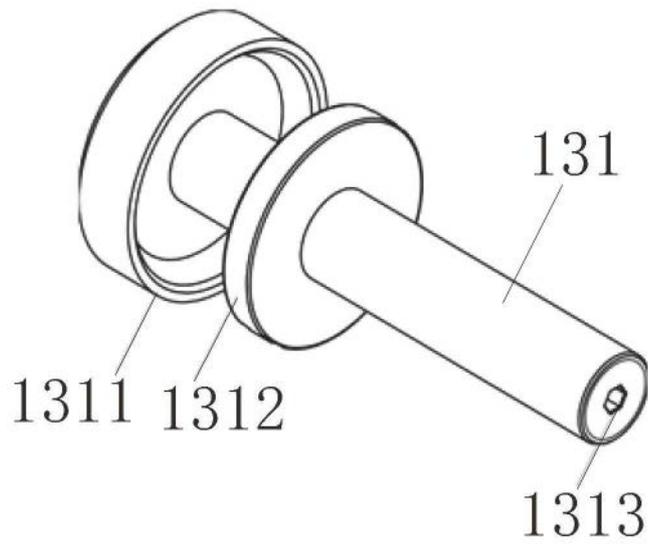


图9

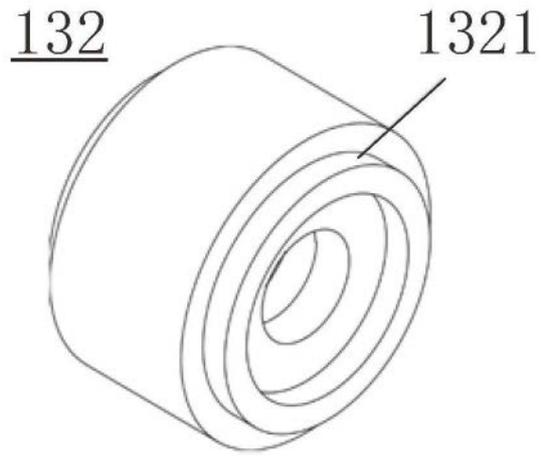


图10

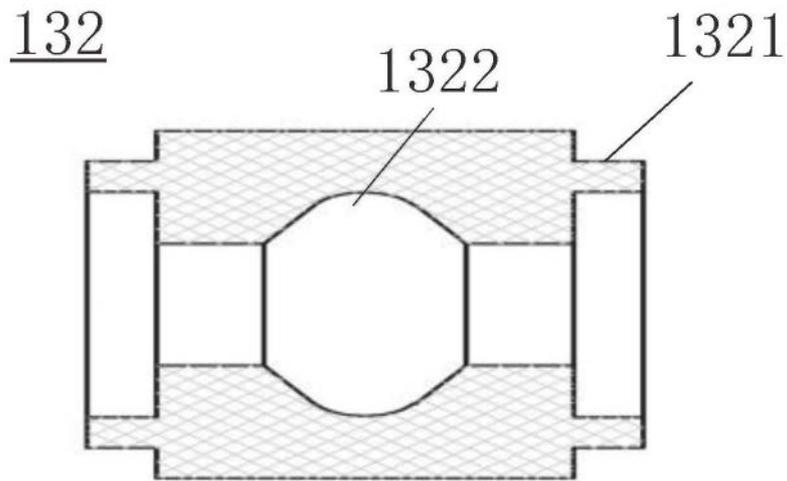


图11

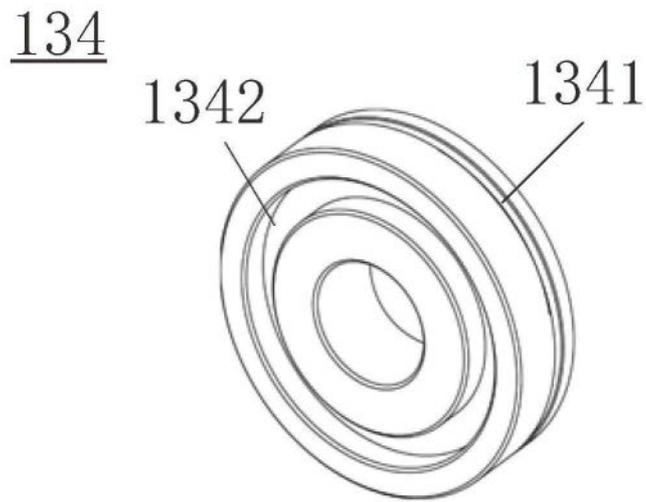


图12

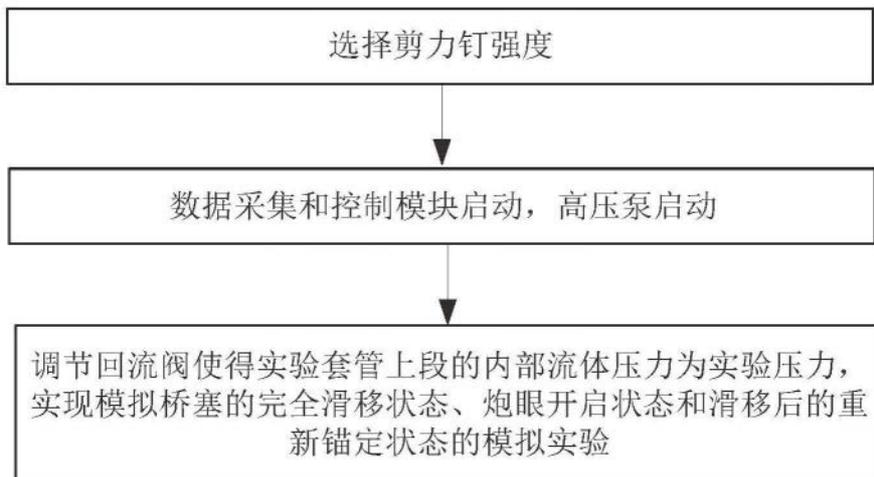


图13