



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106593416 B

(45)授权公告日 2018.03.20

(21)申请号 201710015724.7

(56)对比文件

(22)申请日 2017.01.10

CN 206386114 U, 2017.08.08,

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 李丛颖

申请公布号 CN 106593416 A

(43)申请公布日 2017.04.26

(73)专利权人 中国石油大学(北京)

地址 102249 北京市昌平区府学路18号

(72)发明人 李军 张辉 张鑫 王昊 姜敞  
董健 谭天一

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 王天尧

(51)Int.Cl.

E21B 47/06(2012.01)

E21B 47/07(2012.01)

权利要求书3页 说明书10页 附图3页

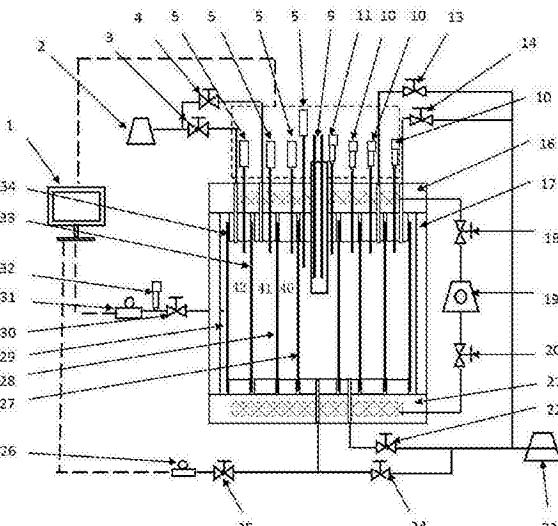
(54)发明名称

一种环空圈闭流体压力升高实验装置及方法

(57)摘要

本发明提供一种环空圈闭流体压力升高实验装置及方法。环空圈闭流体压力升高实验装置包括：釜体，釜体内部有多个套管，包括：表层套管；位于表层套管内部、与表层套管同轴相套的中间套管；位于中间套管内部、与中间套管同轴相套的生产套管；位于生产套管内部、与生产套管同轴相套的油管；还包括：钻井液储存罐；水泥浆储存罐；加热棒，下入到生产套管内部；与围压腔连接的自动围压泵；位于围压腔与自动围压泵之间的围压传感器；与油管内部连接的内压泵；油管内部插有温度传感器和内压传感器，第一环空、第二环空和第三环空均插有温度传感器和环空流体压力传感器。通过实施本发明，可以模拟计算水泥浆体积和温度变化对环空圈闭流体压力的影响结果。

CN 106593416 B



CN

1. 一种环空圈闭流体压力升高实验装置,其特征在于,包括:

釜体,釜体内部有多个套管,包括:

表层套管(34),与夹持器外壳(17)之间构成围压腔(29);

位于表层套管(34)内部、与表层套管(34)同轴相套的中间套管(33),并与表层套管(34)之间形成第三环空(42);

位于中间套管(33)内部、与中间套管(33)同轴相套的生产套管(28),并与中间套管(33)之间形成第二环空(41);

位于生产套管(28)内部、与生产套管(28)同轴相套的油管(27),并与生产套管(28)之间形成第一环空(40);

环空圈闭流体压力升高实验装置还包括:

钻井液储存罐(23),用于向油管(27)内部、第一环空(40)、第二环空(41)和第三环空(42)注入钻井液;

水泥浆储存罐(2),用于向第二环空(41)和第三环空(42)注入水泥浆;

加热棒(9),下入到生产套管(28)内部,用于加热钻井液至设定温度;

与围压腔(29)连接的自动围压泵(31),用于向表层套管(34)施加设定围压;

位于围压腔(29)与自动围压泵(31)之间的围压传感器(32),用于采集围压数据;

与油管(27)内部连接的内压泵(26),用于向油管(27)内部施加设定内压;

油管(27)内部插有温度传感器(5)和内压传感器(11),第一环空(40)、第二环空(41)和第三环空(42)均插有温度传感器(5)和环空流体压力传感器(10),温度传感器(5)用于采集温度数据,内压传感器(11)用于采集内压数据,环空流体压力传感器(10)用于采集环空流体压力数据。

2. 根据权利要求1所述的环空圈闭流体压力升高实验装置,其特征在于,还包括:

分别与加热棒(9)、自动围压泵(31)、内压泵(26)、围压传感器(32)、多个温度传感器(5),内压传感器(11),以及多个环空流体压力传感器(10)连接的计算机(1),用于控制加热棒(9)加热钻井液、控制自动围压泵(31)向表层套管(34)施加设定围压,控制内压泵(26)向油管(27)内部施加设定内压、采集来自围压传感器(32)的围压数据、来自多个温度传感器(5)的多个温度数据、来自内压传感器(11)的内压数据、以及来自多个环空流体压力传感器(10)的多个环空流体压力数据。

3. 根据权利要求1所述的环空圈闭流体压力升高实验装置,其特征在于,还包括:

水泥浆第一控制阀(3),第一端分别与水泥浆储存罐(2),和水泥浆第二控制阀(4)第一端连接,第二端与第三环空(42)连接;

水泥浆第二控制阀(4),第一端还与水泥浆储存罐(2)连接,第二端与第二环空(41)连接;

钻井液第一控制阀(13),第一端与第二环空(41)连接,第二端分别与钻井液第二控制阀(14)第二端、钻井液第三控制阀(22)第二端、钻井液第四控制阀(24)第二端和钻井液储存罐(23)连接;

钻井液第二控制阀(14),第一端与第三环空(42)连接,第二端还与钻井液第三控制阀(22)第二端、钻井液第四控制阀(24)第二端和钻井液储存罐(23)连接;

钻井液第三控制阀(22),第一端与第一环空(40)连接,第二端还与钻井液第四控制阀

(24) 第二端和钻井液储存罐(23)连接；

钻井液第四控制阀(24)，第一端与油管(27)内部连接，第二端还与钻井液储存罐(23)连接；

内压控制阀(25)，第一端与内压泵(26)连接，第二端分别与油管(27)内部，和钻井液第四控制阀(24)第一端连接；

围压阀(30)，第一端与自动围压泵(31)连接，第二端与围压腔(29)连接。

4. 根据权利要求1所述的环空圈闭流体压力升高实验装置，其特征在于，

釜体包括上釜盖(16)与下釜座(21)；

上釜盖(16)与下釜座(21)上均有两两相对的多个凹槽，用于分别插入表层套管(34)、中间套管(33)、生产套管(28)和油管(27)。

5. 根据权利要求4所述的环空圈闭流体压力升高实验装置，其特征在于，还包括：

多个密封圈，用于密封多个凹槽。

6. 根据权利要求4所述的环空圈闭流体压力升高实验装置，其特征在于，还包括：

位于上釜盖(16)的上流道；

位于下釜座(21)的下流道；

上流道与下流道均与冷凝泵(19)连接，冷凝泵(19)用于输送冷凝水冷却釜体；

冷凝泵第一控制阀(18)，第一端与上流道连接，第二端与冷凝泵(19)连接；

冷凝泵第二控制阀(20)，第一端与冷凝泵(19)连接，第二端与下流道连接。

7. 根据权利要求4所述的环空圈闭流体压力升高实验装置，其特征在于，还包括：

上釜盖(16)通过铰链(36)与起重索具(37)相连；

支架(38)位于试验台(39)上，起重索具(37)套合在支架(38)上；

其中，起重索具(37)通过在支架(38)上移动以移动釜体。

8. 一种权利要求1-7任一所述环空圈闭流体压力升高实验装置的实验方法，其特征在于，包括：

钻井液储存罐(23)向油管(27)内部和第一环空(40)注入钻井液；

水泥浆储存罐(2)向第二环空(41)和第三环空(42)注入水泥浆；

加热棒(9)加热钻井液至设定温度；

自动围压泵(31)向表层套管(34)施加设定围压，内压泵(26)向油管(27)内部施加设定内压；

设定养护环空圈闭流体压力升高实验装置的第一时间，直至水泥浆胶结成的水泥环与表层套管(34)、中间套管(33)和生产套管(28)胶结成一个整体；

关闭加热棒(9)令钻井液温度降至常温；

钻井液储存罐(23)向第二环空(41)和第三环空(42)的剩余空间中注满钻井液，打开加热棒(9)加热钻井液至设定温度；

在加热棒(9)加热钻井液至设定温度的过程中，记录来自围压传感器(32)的围压数据、来自多个温度传感器(5)的多个温度数据、来自内压传感器(11)的内压数据、以及来自多个环空流体压力传感器(10)的多个环空流体压力数据。

9. 根据权利要求8所述的环空圈闭流体压力升高实验装置的实验方法，其特征在于，还包括：

控制加热棒(9)加热钻井液、控制自动围压泵(31)向表层套管(34)施加设定围压,控制内压泵(26)向油管(27)内部施加设定内压、采集来自围压传感器(32)的围压数据、来自多个温度传感器(5)的多个温度数据、来自内压传感器(11)的内压数据、以及来自多个环空流体压力传感器(10)的多个环空流体压力数据。

10.根据权利要求9所述的环空圈闭流体压力升高实验装置的实验方法,其特征在于,还包括:

输送冷凝水冷却釜体。

## 一种环空圈闭流体压力升高实验装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及油气井工程技术领域,具体地,涉及一种环空圈闭流体压力升高实验装置及方法。

### 背景技术

[0002] 环空圈闭压力升高(APB,Annular Pressure Build-up)是指由于温度升高导致密闭的各层套管间环空流体膨胀,从而使环空流体压力升高的现象。环空流体压力升高到一定程度就会产生套管破裂或挤毁事故,还会压裂水泥环引起窜槽。目前我国未开发油田大多为稠油,在南海大部分油气藏处于高温高压的地质环境中,油气储量很大。在稠油和高温高压井开发中都会出现套管挤毁、密封失效,甚至井报废问题。通过环空圈闭压力升高进而威胁井身完整性的因素有很多,如:油藏初始温度、环空流体的类型和特性、水泥浆的胶结能力和返高等。环空流体压力升高成为了石油工程界亟待解决的复杂性工程难题。

[0003] 因此,研究环空圈闭压力升高的机理及规律具有重要意义。黄小龙针对深水井测试及生产过程中环空圈闭压力升高问题提出了APB计算模型,分析了APB的控制技术(黄小龙,严德,田瑞瑞,等.深水套管环空圈闭压力计算及控制技术分析[J].中国海上油气,2216,28(6):61-65)。尹飞分析了多层环空圈闭压力升高的计算方法(Fei Yin and Deli Gao.Improved Calculation of Multiple Annuli Pressure Buildup in Subsea HPHT Wells[C].IADC/SPE-190553-MS)。Roger Williamson分析了不同环空流体类型对环空圈闭压力升高的影响(WILLIAMSON R,SANDERS W,JAKABOSKY T,et.al.Control of contained-annulus fluid pressure buildup[C].SPE/IADC 79875,2203)。但是上述方法未考虑到水泥浆体积和各环空温度变化对环空圈闭流体压力的影响,也没有给出作业安全温度的评价方法。

### 发明内容

[0004] 本发明实施例的主要目的在于提供一种环空圈闭流体压力升高实验装置,用以模拟计算水泥浆体积和各环空温度变化对不同环空圈闭流体压力的影响结果。为了实现上述目的,本发明实施例提供一种环空圈闭流体压力升高实验装置,包括:釜体,釜体内部有多个套管,包括:表层套管,与夹持器外壳之间构成围压腔;位于表层套管内部、与表层套管同轴相套的中间套管,并与表层套管之间形成第三环空;位于中间套管内部、与中间套管同轴相套的生产套管,并与中间套管之间形成第二环空;位于生产套管内部、与生产套管同轴相套的油管,并与生产套管之间形成第一环空;环空圈闭流体压力升高实验装置还包括:钻井液储存罐,用于向油管内部、第一环空、第二环空和第三环空注入钻井液;水泥浆储存罐,用于向第二环空和第三环空注入水泥浆;加热棒,下入到生产套管内部,用于加热钻井液至设定温度;与围压腔连接的自动围压泵,用于向表层套管施加设定围压;位于围压腔与自动围压泵之间的围压传感器,用于采集围压数据;与油管内部连接的内压泵,用于向油管内部施加设定内压;油管内部插有温度传感器和内压传感器,第一环空、第二环空和第三环空均插

有温度传感器和环空流体压力传感器,温度传感器用于采集温度数据,内压传感器用于采集内压数据,环空流体压力传感器用于采集环空流体压力数据。

[0005] 在其中一种实施例中,还包括:分别与加热棒、自动围压泵、内压泵、围压传感器、多个温度传感器,内压传感器以及多个环空流体压力传感器连接的计算机,用于控制加热棒加热钻井液、控制自动围压泵向表层套管施加设定围压,控制内压泵向油管内部施加设定内压、采集来自围压传感器的围压数据、来自多个温度传感器的多个温度数据、来自内压传感器的内压数据、以及来自多个环空流体压力传感器的多个环空流体压力数据。

[0006] 在其中一种实施例中,还包括:水泥浆第一控制阀,第一端分别与水泥浆储存罐,和水泥浆第二控制阀第一端连接,第二端与第三环空连接;水泥浆第二控制阀,第一端还与水泥浆储存罐连接,第二端与第二环空连接;钻井液第一控制阀,第一端与第二环空连接,第二端分别与钻井液第二控制阀第二端、钻井液第三控制阀第二端、钻井液第四控制阀第二端和钻井液储存罐连接;钻井液第二控制阀,第一端与第三环空连接,第二端还与钻井液第三控制阀第二端、钻井液第四控制阀第二端和钻井液储存罐连接;钻井液第三控制阀,第一端与第一环空连接,第二端还与钻井液第四控制阀第二端和钻井液储存罐连接;钻井液第四控制阀,第一端与油管内部连接,第二端还与钻井液储存罐连接;内压控制阀,第一端与内压泵连接,第二端分别与油管内部,和钻井液第四控制阀第一端连接;围压阀,第一端与自动围压泵连接,第二端与围压腔连接。

[0007] 在其中一种实施例中,釜体包括上釜盖与下釜座;上釜盖与下釜座上均有两两相对的多个凹槽,用于分别插入表层套管、中间套管、生产套管和油管。

[0008] 在其中一种实施例中,还包括:多个密封圈,用于密封多个凹槽。

[0009] 在其中一种实施例中,还包括:位于上釜盖的上流道;位于下釜座的下流道;上流道与下流道均与冷凝泵连接,冷凝泵用于输送冷凝水冷却釜体;冷凝泵第一控制阀,第一端与上流道连接,第二端与冷凝泵连接;冷凝泵第二控制阀,第一端与冷凝泵连接,第二端与下流道连接。

[0010] 在其中一种实施例中,还包括:上釜盖通过铰链与起重索具相连;起重索具通过支架与试验台相连,用于移动釜体。

[0011] 因为本发明中的环空圈闭流体压力升高实验装置通过钻井液储存罐向各套管中注入钻井液,通过水泥浆储存罐向第二环空以及第三环空注入水泥浆模拟地层地质环境,通过加热棒加热钻井液至设定温度,通过内压泵向油管内部施加设定内压,通过自动围压泵对表层套管施加设定围压,通过围压传感器、温度传感器、内压传感器和环空流体压力传感器进行数据采集,从而模拟计算水泥浆体积和各环空温度变化对不同环空圈闭流体压力的影响结果。

[0012] 本发明实施例还提供一种环空圈闭流体压力升高实验方法,用以模拟计算水泥浆体积和各环空温度变化对不同环空圈闭流体压力的影响结果,得出作业安全温度的评价方法。为了实现上述目的,本发明实施例提供一种如上所述的环空圈闭流体压力升高实验装置的实验方法,包括:钻井液储存罐向油管内部和第一环空注入钻井液;水泥浆储存罐向第二环空和第三环空注入水泥浆;加热棒加热钻井液至设定温度;自动围压泵向表层套管施加设定围压,内压泵向油管内部施加设定内压;设定养护环空圈闭流体压力升高实验装置的第一时间,直至水泥浆胶结成的水泥环与表层套管、中间套管和生产套管胶结成一个整

体；关闭加热棒令钻井液温度降至常温；钻井液储存罐向第二环空和第三环空的剩余空间中注满钻井液，打开加热棒加热钻井液至设定温度；在加热棒加热钻井液至设定温度的过程中，记录来自围压传感器的围压数据、来自多个温度传感器的多个温度数据、来自内压传感器的内压数据、以及来自多个环空流体压力传感器的多个环空流体压力数据。

[0013] 在其中一种实施例中，还包括：控制加热棒加热钻井液、控制自动围压泵向表层套管施加设定围压，控制内压泵向油管内部施加设定内压、采集来自围压传感器的围压数据、来自多个温度传感器的多个温度数据、来自内压传感器的内压数据、以及来自多个环空流体压力传感器的多个环空流体压力数据。

[0014] 在其中一种实施例中，还包括：输送冷凝水冷却釜体。

[0015] 因为本发明中的环空圈闭流体压力升高实验方法通过钻井液储存罐向各套管中注入钻井液，通过水泥浆储存罐向第二环空以及第三环空注入水泥浆模拟地层地质环境，通过加热棒加热钻井液至设定温度，通过内压泵向油管内部施加设定内压，通过自动围压泵对表层套管施加设定围压，在加热棒加热钻井液至设定温度的过程中，记录来自围压传感器的围压数据、来自多个温度传感器的多个温度数据、来自内压传感器的内压数据、以及来自多个环空流体压力传感器的多个环空流体压力数据，从而模拟计算水泥浆体积和各环空温度变化对不同环空圈闭流体压力的影响结果，得出作业安全温度的评价方法，降低了作业风险和作业成本。

## 附图说明

[0016] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0017] 图1是本发明实施例中环空圈闭流体压力升高实验装置的结构图；

[0018] 图2是本发明实施例中环空圈闭流体压力升高实验装置其中一种实施例的结构图；

[0019] 图3是本发明实施例中环空圈闭流体压力升高实验方法的流程图。

## 具体实施方式

[0020] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0021] 鉴于现有技术未考虑到水泥浆体积和各环空温度变化对环空圈闭流体压力的影响，本发明实施例提供一种环空圈闭流体压力升高实验装置，通过钻井液储存罐向各套管中注入钻井液，通过水泥浆储存罐向第二环空以及第三环空注入水泥浆模拟地层地质环境，通过加热棒加热钻井液至设定温度，通过内压泵向油管内部施加设定内压，通过自动围压泵对表层套管施加设定围压，通过围压传感器、温度传感器、内压传感器和环空流体压力传感器进行数据采集，从而模拟计算水泥浆体积和各环空温度变化对不同环空圈闭流体压

力的影响结果。以下结合附图对本发明进行详细说明。

[0022] 图1是本发明实施例中环空圈闭流体压力升高实验装置的结构图,如图1所示,环空圈闭流体压力升高实验装置包括:釜体,釜体内部有多个套管,包括;表层套管34,与夹持器外壳17之间构成围压腔29;位于表层套管34内部、与表层套管34同轴相套的中间套管33,并与表层套管34之间形成第三环空42;位于中间套管33内部、与中间套管33同轴相套的生产套管28,并与中间套管33之间形成第二环空41;位于生产套管28内部、与生产套管28同轴相套的油管27,并与生产套管28之间形成第一环空40;环空圈闭流体压力升高实验装置还包括:钻井液储存罐23,用于向油管27内部、第一环空40、第二环空41和第三环空42注入钻井液;水泥浆储存罐2,用于向第二环空41和第三环空42注入水泥浆;加热棒9,下入到生产套管28内部,用于加热钻井液至设定温度;与围压腔29连接的自动围压泵31,用于向表层套管34施加设定围压;位于围压腔29与自动围压泵31之间的围压传感器32,用于采集围压数据;与油管27内部连接的内压泵26,用于向油管27内部施加设定内压;油管27内部插有温度传感器5和内压传感器11,第一环空40、第二环空41和第三环空42均插有温度传感器5和环空流体压力传感器10,温度传感器5用于采集温度数据,内压传感器11用于采集内压数据,环空流体压力传感器10用于采集环空流体压力数据。

[0023] 具体实施时,釜体可以包括上釜盖16与下釜座21,上釜盖16顶部设有密封壳盖,用于隔热。上釜盖16与下釜座21上均有两两相对的多个凹槽,用于分别插入表层套管34、中间套管33、生产套管28和油管27,其中,凹槽可以为多个不同尺寸的同心圆。环空圈闭流体压力升高实验装置还可以包括多个密封圈,用于密封多个凹槽。表层套管34、中间套管33、生产套管28和油管27可以任意拆卸、自由组合,用以模拟计算不同环空圈闭流体的压力升高情况。

[0024] 实施例中,水泥浆储存罐2、钻井液储存罐23、内压泵26和自动围压泵31均可以通过输入管汇与釜体连接。钻井液储存罐23通过注液孔向各套管中注入钻井液模拟井中液体,水泥浆储存罐2通过注液孔向第二环空41以及第三环空42注入水泥浆模拟地层地质环境。其中,钻井液与水泥浆各成分的配比可以按照实验需要任意调整。加热棒9可以采用电加热的方式加热钻井液至设定温度,令热量向外传递,自动围压泵31向表层套管34施加设定围压,内压泵26向油管27内部的钻井液施加设定内压,以模拟井中的压力和温度环境。根据围压传感器32、内压传感器11、各个套管内部的温度温度传感器5和环空流体压力传感器10进行数据采集,根据数据的变化模拟计算出水泥浆体积和各环空温度变化对不同环空圈闭流体压力的影响结果,为完善井筒的完整性、降低作业成本提供了室内实验数据。

[0025] 如图1所示,环空圈闭流体压力升高实验装置还可以包括:分别与加热棒9、自动围压泵31、内压泵26、围压传感器32、多个温度传感器5,内压传感器11,以及多个环空流体压力传感器10连接的计算机1,用于控制加热棒9加热钻井液、控制自动围压泵31向表层套管34施加设定围压,控制内压泵26向油管27内部施加设定内压、采集来自围压传感器32的围压数据、来自多个温度传感器5的多个温度数据、来自内压传感器11的内压数据、以及来自多个环空流体压力传感器10的多个环空流体压力数据。计算机1可以通过编程软件来控制监视相关参数的变化,模拟出环空压力升高情况。加热棒9、自动围压泵31、内压泵26、围压传感器32、多个温度传感器5、内压传感器11以及多个环空流体压力传感器10可以通过数据采集线路与计算机1相连,也可以通过蓝牙、GPRS等无线通信设备与计算机1相连。

[0026] 实施例中,环空圈闭流体压力升高实验装置还可以包括:水泥浆第一控制阀3,第一端分别与水泥浆储存罐2,和水泥浆第二控制阀4第一端连接,第二端与第三环空42连接;水泥浆第二控制阀4,第一端还与水泥浆储存罐2连接,第二端与第二环空41连接;钻井液第一控制阀13,第一端与第二环空41连接,第二端分别与钻井液第二控制阀14第二端、钻井液第三控制阀22第二端、钻井液第四控制阀24第二端和钻井液储存罐23连接;钻井液第二控制阀14,第一端与第三环空42连接,第二端还与钻井液第三控制阀22第二端、钻井液第四控制阀24第二端和钻井液储存罐23连接;钻井液第三控制阀22,第一端与第一环空40连接,第二端还与钻井液第四控制阀24第二端和钻井液储存罐23连接;钻井液第四控制阀24,第一端与油管27内部连接,第二端还与钻井液储存罐23连接;内压控制阀25,第一端与内压泵26连接,第二端分别与油管27内部,和钻井液第四控制阀24第一端连接;围压阀30,第一端与自动围压泵31连接,第二端与围压腔29连接。具体实施时,还可以通过计算机1控制上述阀门的打开与关闭,以控制自动围压泵31向表层套管34施加设定围压,控制内压泵26向油管27内部施加设定内压。

[0027] 如图1所示,环空圈闭流体压力升高实验装置还可以包括:位于上釜盖16的上流道;位于下釜座21的下流道;上流道与下流道均与冷凝泵19连接,冷凝泵19用于输送冷凝水冷却釜体;冷凝泵第一控制阀18,第一端与上流道连接,第二端与冷凝泵19连接;冷凝泵第二控制阀20,第一端与冷凝泵19连接,第二端与下流道连接。通过冷却釜体的冷凝泵19,可以防止釜体温度过高引起O型密封圈失效。

[0028] 实施例中,还可以包括加持釜体的夹持器,夹持器包括夹持器外壳17,夹持器外侧设有夹持器保温装置,用于减少环空圈闭流体压力升高实验装置与外界的热交换,减少误差。

[0029] 图2是本发明实施例中环空圈闭流体压力升高实验装置其中一种实施例的结构图。如图2所示,环空圈闭流体压力升高实验装置中的上釜盖16可以通过铰链36与起重索具37相连;起重索具37通过支架38与试验台39相连,用于移动釜体,令釜体的移动更加方便。

[0030] 综上,本发明中的环空圈闭流体压力升高实验装置通过钻井液储存罐向各套管中注入钻井液,通过水泥浆储存罐向第二环空以及第三环空注入水泥浆模拟地层地质环境,通过加热棒加热钻井液至设定温度,通过内压泵向油管内部施加设定内压,通过自动围压泵对表层套管施加设定围压,通过围压传感器、温度传感器、内压传感器和环空流体压力传感器进行数据采集,从而模拟计算水泥浆体积和各环空温度变化对不同环空圈闭流体压力的影响结果。本发明实施例还可以通过计算机监视相关参数的变化,模拟出环空压力升高情况,通过冷凝泵冷却釜体,防止釜体温度过高引起O型密封圈失效。

[0031] 基于同一发明构思,本发明实施例还提供了一种环空圈闭流体压力升高实验方法,如下面实施例所述。由于该方法解决问题的原理与环空圈闭流体压力升高实验装置相似,因此该方法的实施可以参见环空圈闭流体压力升高实验装置,重复之处不再赘述。

[0032] 图3是本发明实施例中环空圈闭流体压力升高实验方法的流程图。如图3所示,该方法可以包括:

[0033] 步骤101:钻井液储存罐23向油管27内部和第一环空40注入钻井液。

[0034] 步骤102:水泥浆储存罐2向第二环空41和第三环空42注入水泥浆。

[0035] 步骤103:加热棒9加热钻井液至设定温度。

[0036] 步骤104:自动围压泵31向表层套管34施加设定围压,内压泵26向油管27内部施加设定内压。

[0037] 步骤105:设定养护环空圈闭流体压力升高实验装置的第一时间,直至水泥浆胶结成的水泥环与表层套管34、中间套管33和生产套管28胶结成一个整体。

[0038] 步骤106:关闭加热棒9令钻井液温度降至常温。

[0039] 步骤107:钻井液储存罐23向第二环空41和第三环空42的剩余空间中注满钻井液,打开加热棒9加热钻井液至设定温度。

[0040] 步骤108:在加热棒9加热钻井液至设定温度的过程中,记录来自围压传感器32的围压数据、来自多个温度传感器5的多个温度数据、来自内压传感器11的内压数据、以及来自多个环空流体压力传感器10的多个环空流体压力数据。

[0041] 实施例中,套管组合可以拆卸,自由组合。通过油管27、生产套管28、中间套管33和表层套管34的组合可以模拟计算不同环空单独圈闭流体的压力升高情况。例如,可以根据不同的套管组合执行以下三种不同的实验,如下:

[0042] 1、第一环空圈闭流体压力升高实验:

[0043] 步骤201:将油管27和生产套管28插入釜体中。

[0044] 步骤202:钻井液储存罐23向油管27内部和第一环空40注满钻井液。

[0045] 步骤203:自动围压泵31向生产套管28施加设定围压,内压泵26向油管27内部施加设定内压。

[0046] 步骤204:打开加热棒9加热钻井液至设定温度,在加热棒9加热钻井液至设定温度的过程中,采集来自围压传感器32的围压数据、来自多个温度传感器5的多个温度数据、来自内压传感器11的内压数据、以及来自多个环空流体压力传感器10的多个环空流体压力数据。

[0047] 在步骤201中,可以通过如下方式组裝油管27和生产套管28:

[0048] 在生产套管28外壁、下釜座21顶面、生产套管28内壁涂抹薄层黄油,用O型密封橡胶圈密封中间套管33处的凹槽。将油管27、生产套管28插入下釜座21对应的凹槽内,与上釜盖16配合組裝。

[0049] 实施例中,在实施步骤202与步骤203之前,先在钻井液储存罐23中按照一定的配比制作钻井液。其中,钻井液各成分的配比可以按照实验需要任意调整,可以通过改变钻井液的类型来测试不同类型的钻井液对环空圈闭流体压力的影响。

[0050] 实施例中,步骤202具体可以包括:打开钻井液第三控制阀22和钻井液第四控制阀24,通过钻井液储存罐23向油管27内部和第一环空40中注入钻井液,待有钻井液从储液溢出管线中溢出时表明油管27内部和第一环空40中的钻井液已经注满,关闭钻井液第三控制阀22和钻井液第四控制阀24。

[0051] 具体实施时,加热棒9加热至油管27内的温度传感器5的温度数据可以为122℃,用以模拟地层内流体温度;打开围压阀30令自动围压泵31向生产套管28施加60Mpa的围压;打开内压控制阀25令内压泵26向油管27内部施加20MPa的内压。

[0052] 综上,通过第一环空圈闭流体压力升高实验,可以得到第一环空中温度变化对不同环空圈闭流体压力的影响结果。在第一环空圈闭流体压力升高实验结束后,需要先关闭内压控制阀25来关闭内压泵26,关闭围压阀30来关闭自动围压泵31,再关闭加热装置9对釜

体降温,在釜体降至常温后,打开钻井液第三控制阀22和钻井液第四控制阀24进行泄压和排液。

- [0053] 2、第一环空和第二环空圈闭流体压力升高实验:
  - [0054] 步骤301:将油管27、中间套管33和生产套管28插入釜体中。
  - [0055] 步骤302:钻井液储存罐23向油管27内部和第一环空40注满钻井液。
  - [0056] 步骤303:水泥浆储存罐2向第二环空41注入水泥浆。
  - [0057] 步骤304:加热棒9加热钻井液至设定温度。
  - [0058] 步骤305:自动围压泵31向中间套管33施加设定围压,内压泵26向油管27内部施加设定内压。
  - [0059] 步骤306:设定养护环空圈闭流体压力升高实验装置的第一时间,直至水泥浆胶结成的水泥环与生产套管28、中间套管33胶结成一个整体。
  - [0060] 步骤307:关闭加热棒9令钻井液温度降至常温。
  - [0061] 步骤308:钻井液储存罐23向第二环空41的剩余空间中注满钻井液,打开加热棒9加热钻井液至设定温度。
  - [0062] 步骤309:在加热棒9加热钻井液至设定温度的过程中,采集来自围压传感器32的围压数据、来自多个温度传感器5的多个温度数据、来自内压传感器11的内压数据、以及来自多个环空流体压力传感器10的多个环空流体压力数据。
  - [0063] 在步骤301中,可以通过如下方式组装油管27、中间套管33和生产套管28:
    - [0064] 在生产套管28内外壁、下釜座21顶面、油管27外壁和中间套管33内壁涂抹薄层黄油,用O型密封橡胶圈密封生产套管28处的凹槽。将油管27、中间套管33和生产套管28插入下釜座21对应的凹槽内,与上釜盖16配合组装。
    - [0065] 实施例中,在实施步骤302、步骤303和步骤304之前,先分别在水泥浆储存罐2和钻井液储存罐23中按照一定的配比制作水泥浆和钻井液。其中,钻井液与水泥浆各成分的配比可以按照实验需要任意调整,可以通过改变钻井液的类型与水泥浆的类型来测试不同类型的钻井液与水泥浆对环空圈闭流体压力的影响。
    - [0066] 实施例中,步骤302具体可以包括:打开钻井液第三控制阀22和钻井液第四控制阀24,通过钻井液储存罐23向油管27内部和第一环空40注入钻井液,待有钻井液从储液溢出管线中溢出时表明油管27内部和第一环空40的钻井液已经注满,关闭钻井液第三控制阀22和钻井液第四控制阀24。
    - [0067] 实施例中,步骤303具体可以包括:打开水泥浆第二控制阀4,通过水泥浆储存罐2向第二环空41注入水泥浆后,关闭水泥浆第二控制阀4。第二环空41中不同比例的水泥浆会有不同的水泥浆返高。通过改变第二环空41中水泥浆的体积,模拟计算水泥浆体积对第一环空和第二环空圈闭流体压力的影响结果。
    - [0068] 具体实施时,加热棒9加热至油管27内的温度传感器5的温度数据可以为122℃,用以模拟地层温度;打开围压阀30令自动围压泵31向中间套管33施加60Mpa的围压;打开内压控制阀25令内压泵26向油管28内部施加20MPa的内压。
    - [0069] 实施例中,步骤308具体可以包括:打开钻井液第一控制阀13,通过钻井液储存罐23向第二环空41的剩余空间中注满钻井液,关闭钻井液第一控制阀13。
    - [0070] 综上,通过第一环空和第二环空圈闭流体压力升高实验,可以得到第一环空40和

第二环空41中温度变化和水泥浆体积对不同环空圈闭流体压力的影响结果。在第一环空和第二环空圈闭流体压力升高实验结束后,需要先关闭内压控制阀25来关闭内压泵26,关闭围压阀30来关闭自动围压泵31,再关闭加热装置9对釜体降温,在釜体降至常温后,打开钻井液第一控制阀13、钻井液第三控制阀22和钻井液第四控制阀24进行泄压和排液。

- [0071] 3、第一环空、第二环空和第三环空圈闭流体压力升高实验,包括:
  - [0072] 步骤401:将表层套管34、中间套管33、生产套管28和油管27插入釜体中。
  - [0073] 步骤402:钻井液储存罐23向油管27内部和第一环空40注满钻井液。
  - [0074] 步骤403:水泥浆储存罐2向第二环空41和第三环空42注入水泥浆。
  - [0075] 步骤404:加热棒9加热钻井液至设定温度。
  - [0076] 步骤405:自动围压泵31向表层套管34施加设定围压,内压泵26向油管27内部施加设定内压。
  - [0077] 步骤406:设定养护环空圈闭流体压力升高实验装置的第一时间,直至水泥浆胶结成的水泥环与表层套管34、中间套管33和生产套管28胶结成一个整体。
  - [0078] 步骤407:关闭加热棒9令钻井液温度降至常温。
  - [0079] 步骤408:钻井液储存罐23向第二环空41和第三环空42的剩余空间中注满钻井液,打开加热棒9加热钻井液至设定温度。
  - [0080] 步骤409:在加热棒9加热钻井液至设定温度的过程中,采集来自围压传感器32的围压数据、来自多个温度传感器5的多个温度数据、来自内压传感器11的内压数据、以及来自多个环空流体压力传感器10的多个环空流体压力数据。
  - [0081] 在步骤401中,可以通过如下方式组装表层套管34、中间套管33、生产套管28和油管27:
    - [0082] 在生产套管28外壁、下釜座21顶面、中间套管33内外壁和表层套管34内壁涂抹薄层黄油。将表层套管34、中间套管33、生产套管28和油管27插入下釜座21对应的凹槽内,与上釜盖16配合组装。
    - [0083] 实施例中,在实施步骤402、步骤403和步骤404之前,先分别在水泥浆储存罐2和钻井液储存罐23中按照一定的配比制作水泥浆和钻井液。其中,钻井液与水泥浆各成分的配比可以按照实验需要任意调整,可以通过改变钻井液的类型与水泥浆的类型来测试不同类型的钻井液与水泥浆对环空圈闭流体压力的影响。
    - [0084] 实施例中,步骤402具体可以包括:打开钻井液第三控制阀22和钻井液第四控制阀24,通过钻井液储存罐23向第一环空40和油管27内部注入钻井液,待有钻井液从储液溢出管线中溢出时表明第一环空40和油管27内部的钻井液已经注满,关闭钻井液第三控制阀22和钻井液第四控制阀24。
    - [0085] 实施例中,步骤403具体可以包括:打开水泥浆第一控制阀3和水泥浆第二控制阀4,通过水泥浆储存罐2向第二环空41和第三环空42注入水泥浆后,关闭水泥浆第一控制阀3和水泥浆第二控制阀4。各环空中不同比例的水泥浆会有不同的水泥浆返高。通过改变环空中水泥浆的体积,模拟计算水泥浆体积对多环空圈闭流体压力的影响结果。
    - [0086] 具体实施时,加热棒9加热至油管27内的温度传感器5的温度数据可以为122℃,用以表层套管温度;打开围压阀30令自动围压泵31向表层套管34施加60Mpa的围压;打开内压控制阀25令内压泵26向油管27内部施加20MPa的内压。

[0087] 实施例中,步骤408具体可以包括:打开钻井液第一控制阀13和钻井液第二控制阀14,通过钻井液储存罐23向第二环空41和第三环空42的剩余空间中注满钻井液,关闭钻井液第一控制阀13和钻井液第二控制阀14。

[0088] 综上,通过多环空圈闭流体压力升高实验,可以得到第一环空40、第二环空41和第三环空42中温度变化和水泥浆体积对不同环空圈闭流体压力的影响结果。在第一环空、第二环空和第三环空圈闭流体压力升高实验结束后,需要先关闭内压控制阀25来关闭内压泵26,关闭围压阀30来关闭自动围压泵31,再关闭加热装置9对釜体降温,在釜体降至常温后,打开钻井液第一控制阀13、钻井液第二控制阀14、钻井液第三控制阀22和钻井液第四控制阀24进行泄压和排液。

[0089] 实施例中,环空圈闭流体压力升高实验装置的实验方法还可以包括:控制加热棒9加热钻井液、控制自动围压泵31向表层套管34施加设定围压,控制内压泵26向油管27内部施加设定内压、采集来自围压传感器32的围压数据、来自多个温度传感器5的多个温度数据、来自内压传感器11的内压数据、以及来自多个环空流体压力传感器10的多个环空流体压力数据。具体实施时,可以采用计算机1的应用软件来执行上述功能。应用软件可以采用Visual Basic6.0编程。实验完成后,计算机1可以直接输出的数据报表。

[0090] 实施例中,环空圈闭流体压力升高实验装置的实验方法还可以包括:输送冷凝水冷却釜体。

[0091] 实施例中,可以通过改变各环空的温度差、水泥浆类型和体积、以及钻井液类型和体积来研究上述参数对不同环空圈闭流体压力的影响,得到降低环空圈闭流体压力的最优组合。还可以通过上述实验数据总结温度对环空压力升高的影响规律,得到环空压力达到临界值时的温度作为作业安全温度。由于套管在实验后的表面粗糙度会发生严重变化,所以环空圈闭流体压力升高实验装置为循环利用式,套管可不断更新。

[0092] 本发明的主要技术指标如下:

[0093] 1) 实验温度:常温-220℃;

[0094] 2) 内压:0-17Mpa;

[0095] 3) 围压:0-60Mpa;

[0096] 4) 油管尺寸:3.5英寸,壁厚7.36mm,长度500mm;

[0097] 5) 生产套管尺寸:7英寸,壁厚8.05mm,长度500mm;

[0098] 6) 技术套管尺寸:9.625英寸,壁厚9.21mm,长度500mm;

[0099] 7) 表层套管尺寸:13.375英寸,壁厚12.06mm,长度500mm;

[0100] 8) 压力传感器:围压传感器32和环空流体压力传感器10的量程是70MPa,内压传感器11的量程是20MPa;传感器敏感度为0.27%FS;

[0101] 9) 套管表面粗糙度:0.2。

[0102] 其中,常温可以为25℃。

[0103] 综上,本发明中的环空圈闭流体压力升高实验方法通过钻井液储存罐向各套管中注入钻井液,通过水泥浆储存罐向第二环空以及第三环空注入水泥浆模拟地层地质环境,通过加热棒加热钻井液至设定温度,通过内压泵向油管内部施加设定内压,通过自动围压泵对表层套管施加设定围压,在加热棒加热钻井液至设定温度的过程中,记录来自围压传感器的围压数据、来自多个温度传感器的多个温度数据、来自内压传感器11的内压数据、以

及来自多个环空流体压力传感器的多个环空流体压力数据,从而模拟计算水泥浆体积和各环空温度变化对不同环空圈闭流体压力的影响结果,得出作业安全温度的评价方法,降低了作业风险和作业成本。

[0104] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

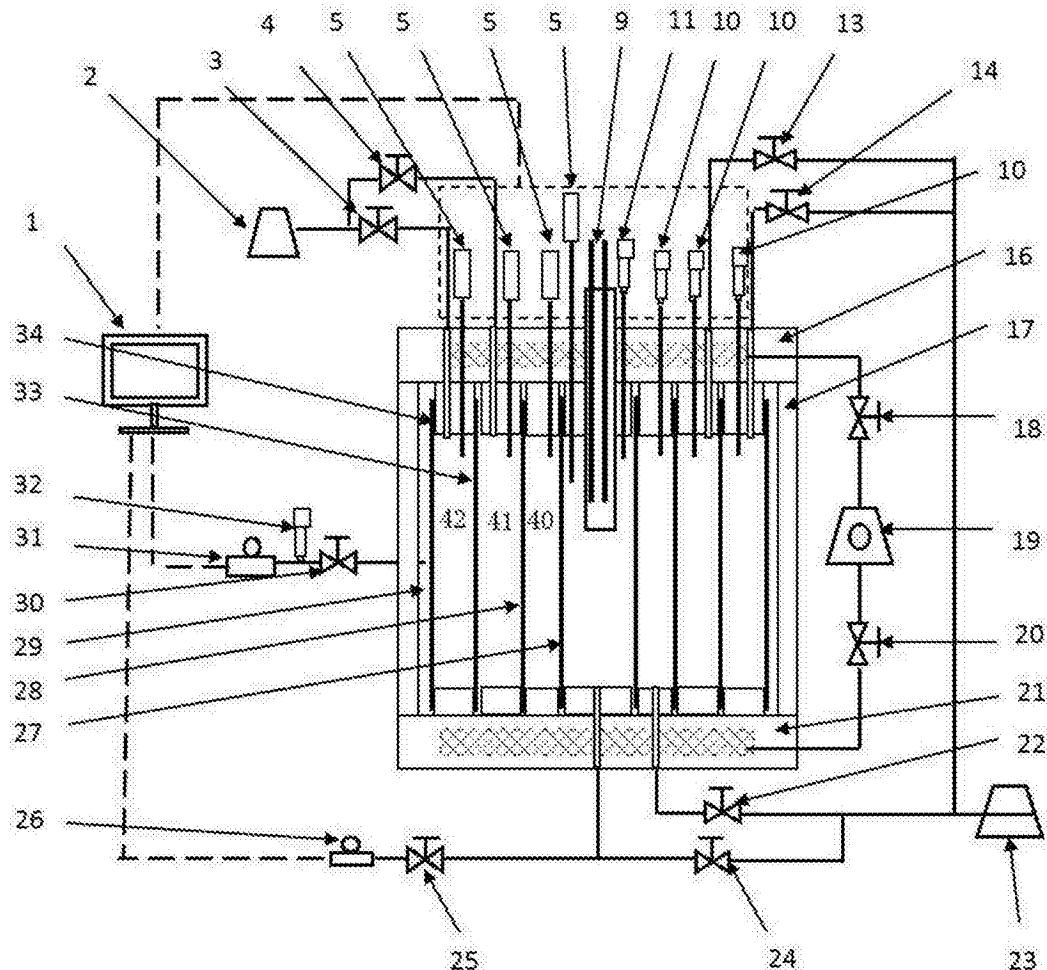


图1

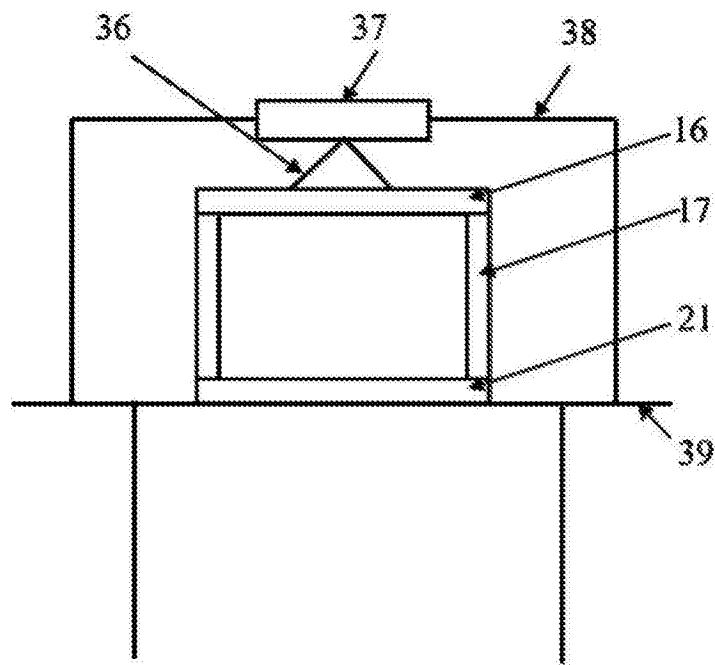


图2

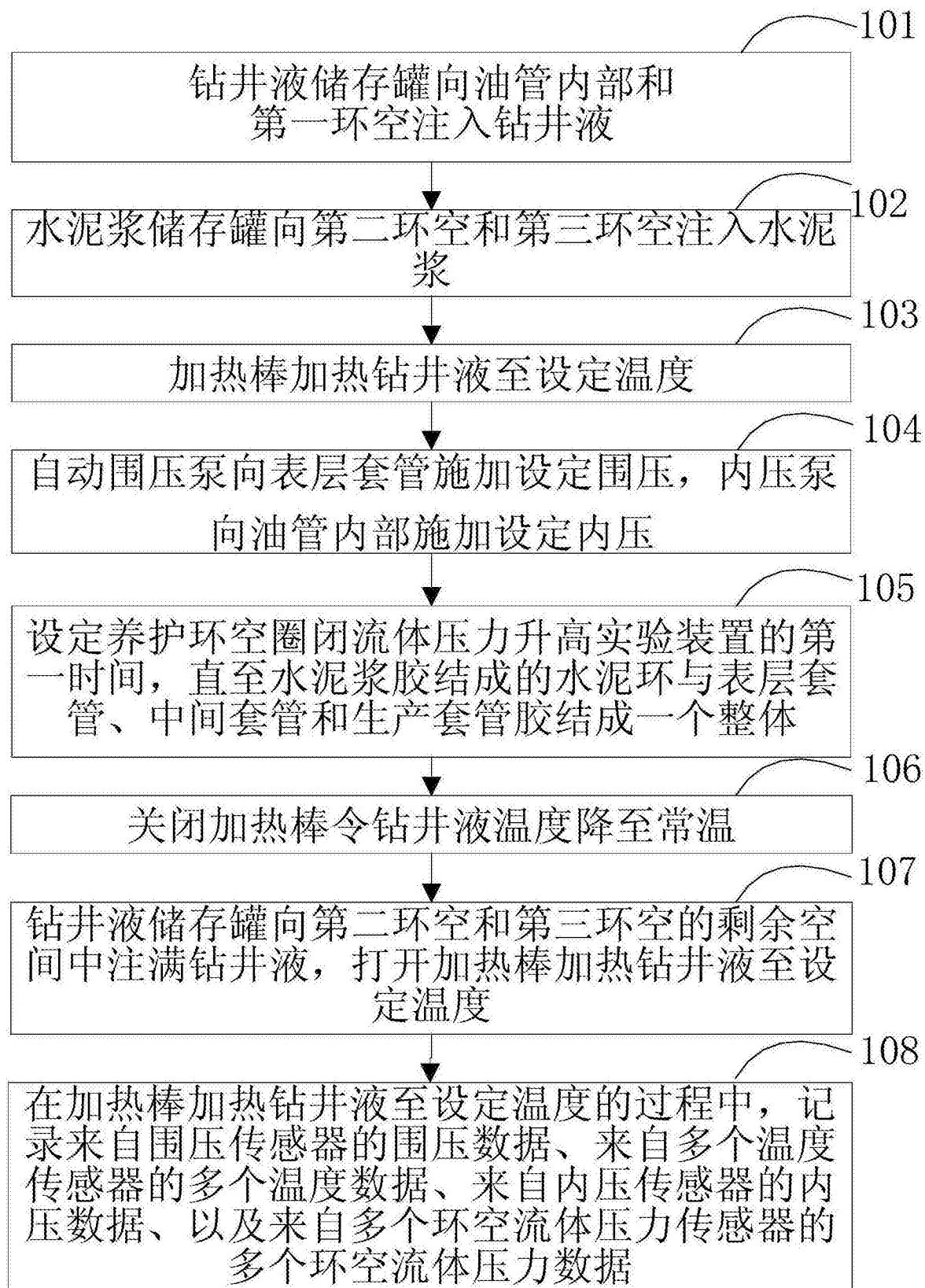


图3