



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109707336 A

(43)申请公布日 2019. 05. 03

(21)申请号 201811388586.8

(22)申请日 2018.11.21

(71)申请人 长江大学

地址 434023 湖北省荆州市荆州区南环路1号

(72)发明人 郑双进 杜冬楠 刘涛

(74)专利代理机构 武汉河山金堂专利事务所
(普通合伙) 42212

代理人 胡清堂

(51) Int. Cl.

E21B 33/13(2006.01)

E21B 47/06(2012.01)

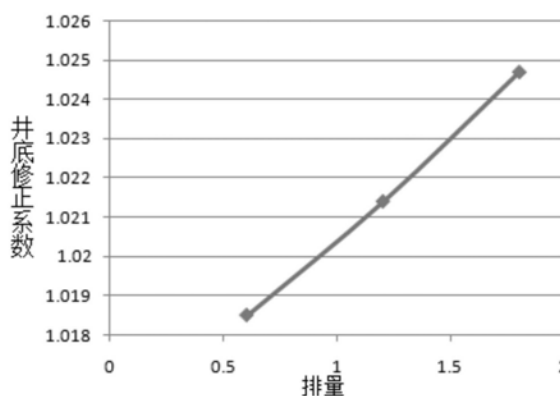
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种基于环空抽吸泵的控压固井方法

(57)摘要

一种基于环空抽吸泵的控压固井方法,步骤为:S1、环空抽吸泵零转速状态下测试不同循环排量条件下的井底压力并记录,计算不同排量条件下井底压力与井底压力修正系数,绘制井底压力修正系数随循环排量变化曲线图;S2、测试常用固井循环排量条件下环空抽吸泵不同转速状态下井底压力,计算该循环排量条件下井底压力降低值,绘制该循环排量条件下井底压力降低值随环空抽吸泵转速变化曲线图;S3、绘制地层孔隙压力、地层漏失压力或破裂压力随井深变化曲线图,计算固井过程中任一时刻环空压力,绘制环空压力随井深变化曲线图;S4、判断施工过程中是否需要启动环空抽吸泵,设计抽吸泵转速;优点:提高井底压力计算准确率;降低环空压力,避免固井漏失。



1. 一种基于环空抽吸泵的控压固井方法,其特征在于:包括如下步骤

S1、在钻井施工的环空返出管线上设置一环空抽吸泵,当钻至井底或本开次套管下深时,先在环空抽吸泵零转速状态下测试不同循环排量条件下的井底压力并记录,再计算不同排量条件下井底压力与井底压力修正系数,并绘制井底压力修正系数随循环排量的变化曲线图;

S2、然后测试常用固井循环排量条件下环空抽吸泵不同转速状态下的井底压力,计算该循环排量条件下井底压力降低值,并绘制该循环排量条件下井底压力降低值随环空抽吸泵转速的变化关系曲线图;

S3、获取地层孔隙压力剖面数据、地层漏失压力或破裂压力数据,并绘制地层孔隙压力、地层漏失压力或破裂压力随井深的变化曲线图,再计算固井过程中任一时刻的环空压力,绘制环空压力随井深变化的曲线图;

S4、观察步骤S3绘制的三条压力曲线图,如某时刻,环空压力曲线均在地层孔隙压力、地层漏失压力或破裂压力所包围的窗口内,表明环空压力安全,无需环空抽吸泵工作,环空抽吸泵转速为0即可;

若某一点深度或某一段深度环空压力曲线越过地层漏失压力或破裂压力曲线,表明该点或该段环空压力过大,此时需计算该点环空压力值与地层漏失压力或破裂压力的差值 ΔP 、或该段环空压力值与地层漏失压力或破裂压力的最大值 ΔP ,结合步骤S2中曲线获得环空抽吸泵转速,并启动环空抽吸泵来降低环空压力。

2. 根据权利要求1所述方法,其特征在于:S1中,不同循环排量为 $Q_1、Q_2、Q_3、\dots\dots Q_n$,不同循环排量条件下的测试井底压力为 $P_{z1}、P_{z2}、P_{z3}、\dots\dots P_{zn}$,不同排量条件下的计算井底压力为 $P_{c1}、P_{c2}、P_{c3}、\dots\dots P_{cn}$,井底压力修正系数为 $\lambda_1 (P_{z1}/P_{c1})、\lambda_2 (P_{z2}/P_{c2})、\lambda_3 (P_{z3}/P_{c3})、\dots\dots \lambda_n (P_{zn}/P_{cn})$,其中,n为注水泥作业计划中不同排量的个数。

3. 根据权利要求1所述方法,其特征在于:S4中,环空抽吸泵转速的确定方法如下:

先找到该时间的固井循环排量,然后根据循环排量在步骤S2获得的曲线上查寻得到1.2倍 ΔP 所对应的环空抽吸泵(2)转速,若1.2倍 ΔP 值不在步骤S2获得的曲线测试点上,则根据拉格朗日插值法进行插值确定。

4. 根据权利要求1所述方法,其特征在于:方法还包括,绘制环空抽吸泵(2)转速随注水泥时间变化曲线,获得固井过程中任一时刻下的环空抽吸泵(2)转速值,用以在注水泥过程中调整环空抽吸泵(2)转速值,实现整个注水泥阶段环空压力均不超过地层漏失压力或破裂压力范围,即不发生漏失现象。

5. 根据权利要求1所述方法,其特征在于:S1、S2步骤过程通过井底压力测试系统完成,且井底压力测试系统包括钻头(3)、用于测量井底压力的压力测试仪(4)、井筒(5)、钻柱(6)、用于监测环空返出流体流量的流量传感器(7)、用于计算环空压力并修正压力数据的第一工业控制计算机(8)、第一手动平板阀(9)、第二手动平板阀(10)、环空抽吸泵(2)、注入管线(11)、环空返出管线(1)、注浆泵(12)、泥浆罐(13),钻柱(6)一端伸入井筒(5)内、另一端与注入管线(11)的一端连通,注入管线(11)另一端与泥浆罐(13)连通,且通过注入管线(11)上的注浆泵(12)将泥浆罐(13)内的泥浆通过注入管线(11)、钻柱(6)依次泵入井筒(5)内;钻柱(6)伸入井筒(5)的一端从上至下依次连接有压力测试仪(4)、钻头(3);

环空返出管线(1)一端与井筒(5)连通,另一端伸入泥浆罐(13),井筒(5)与泥浆罐(13)

之间的环空返出管线(1)上设置有流量传感器(7)、第一手动平板阀(9)、第二手动平板阀(10)、环空抽吸泵(2),流量传感器(7)的信号输出端与第一工业控制计算机(8)的信号输入端连通,且流量传感器(7)位于靠近井筒(5)的一端,第一手动平板阀(9)、环空抽吸泵(2)通过第一支路管线(14)连接,第二手动平板阀(10)位于第二支路管线(15)上,且第一支路管线(14)、第二支路管线(15)两端均与环空返出管线(1)连通,并通过流量传感器(7)将环空返出管线(1)上的流量信号反馈于第一工业控制计算机(8)后用于测试不同循环排量条件下的井底压力。

6. 根据权利要求5所述方法,其特征在于:第一工业控制计算机(8)用于接收来自流量传感器(7)监测的环空返出管线(1)的流量信号,用于监测不同循环排量条件下的井底压力、计算不同排量下井底压力修正系数,并绘制井底压力修正系数随循环排量的变化曲线、以及不同条件下井底压力降低值随环空抽吸泵(2)转速的变化关系曲线。

7. 根据权利要求5所述方法,其特征在于:S3、S4步骤过程通过基于环空抽吸泵的控压固井系统完成,且基于环空抽吸泵的控压固井系统包括:井筒(5)、套管柱(16)、三个自动平板阀(17)、密度传感器(18)、流量传感器(7)、压力传感器(19)、环空抽吸泵(2)、环空返出管线(1)、注入管线(11)、泥浆罐(13)、水泥车(20)、第二工业控制计算机(21),套管柱(16)一端伸入井筒(5)内、另一端与注入管线(11)的一端连通,注入管线(11)的另一端伸入水泥车(20);环空返出管线(1)一端与井筒(5)顶部连通、另一端伸入泥浆罐(13),环空返出管线(1)上从井筒(5)至泥浆罐(13)方向依次设置有密度传感器(18)、流量传感器(7)、压力传感器(19)、环空抽吸泵(2),且密度传感器(18)设于第一支路管线(14),第一支路管线(14)与第二支路管线(15)并联、且两端均与环空返出管线(1)连通,第一支路管线(14)上密度传感器(18)的左、右两侧,以及第二支路管线(15)上均设置有一自动平板阀(17);

密度传感器(18)、流量传感器(7)、压力传感器(19)、环空抽吸泵(2)的信号输出端与第二工业控制计算机(21)的信号输入端连接,自动平板阀(17)、环空抽吸泵(2)的信号输入端与第二工业控制计算机(21)的信号输出端连接,使得水泥车(20)内的水泥依次通过注入管线(11)、套管柱(16)进入井筒(5)内,井筒(5)内的流体通过环空抽吸泵(2)和环空返出管线(1)流至泥浆罐(13),同时经密度传感器(18)、流量传感器(7)、压力传感器(19)将环空返出管线(1)内流体的密度、流速、压力信号均反馈至第二工业控制计算机(21)用于计算不同深度下井内的环空压力。

一种基于环空抽吸泵的控压固井方法

技术领域

[0001] 本发明涉及石油钻采工程中的固井技术领域,具体地说是一种基于环空抽吸泵的控压固井方法。

背景技术

[0002] 近年来,随着非常规石油天然气勘探开发规模的日益扩大,固井注水泥过程中的漏失现象十分严重,尤其是在低漏失压力或低破裂压力地层条件下,经常导致水泥浆低返或井下压力安全事故,因此控制固井过程中的环空压力剖面研究十分重要。

[0003] 针对这种低漏失压力或低破裂压力地层,为了避免或减轻固井漏失,一般采用低密度水泥浆体系或平衡压力固井浆柱结构设计来解决该问题。但是采用低密度水泥浆体系会造成水泥石强度不足,影响后期井筒完整性;采用平衡压力固井浆柱结构设计可以解决一部分固井漏失问题,但是对于极低漏失压力或破裂压力地层,在保证水泥环封固高度的前提条件下难以保证不发生漏失。因此,应用新设备或新工艺降低环空压力,对于避免或减轻固井漏失具有重要的实际意义。

发明内容

[0004] 为了解决上述技术缺陷,本发明提供一种基于环空抽吸泵的控压固井方法,以避免或减轻固井漏失现象的发生。

[0005] 一种基于环空抽吸泵的控压固井方法,包括如下步骤:

[0006] S1、在钻井施工的环空返出管线上设置一环空抽吸泵,当钻至井底或本开次套管下深时,先在环空抽吸泵零转速状态下测试不同循环排量条件下的井底压力并记录,再计算不同排量条件下井底压力与井底压力修正系数,并绘制井底压力修正系数随循环排量的变化曲线图;

[0007] S2、然后测试常用固井循环排量条件下环空抽吸泵不同转速状态下的井底压力,计算该循环排量条件下井底压力降低值,并绘制该循环排量条件下井底压力降低值随环空抽吸泵转速的变化关系曲线图;

[0008] S3、获取地层孔隙压力剖面数据、地层漏失压力或破裂压力数据,并绘制地层孔隙压力、地层漏失压力或破裂压力随井深的变化曲线图,再计算固井过程中任一时刻的环空压力,绘制环空压力随井深变化的曲线图;

[0009] S4、观察步骤S3绘制的三条压力曲线图,如某时刻,环空压力曲线均在地层孔隙压力、地层漏失压力或破裂压力所包围的窗口内,表明环空压力安全,无需环空抽吸泵工作,环空抽吸泵转速为0即可;

[0010] 若某一点深度或某一段深度环空压力曲线越过地层漏失压力或破裂压力曲线,表明该点或该段环空压力过大,此时需计算该点环空压力值与地层漏失压力或破裂压力的差值 ΔP 、或该段环空压力值与地层漏失压力或破裂压力的最大值 ΔP ,结合步骤S2中曲线获得环空抽吸泵转速,并启动环空抽吸泵来降低环空压力。

[0011] 本发明一种基于环空抽吸泵的控压固井方法,其优点是:

[0012] 本发明中,通过对不同循环排量条件下井底压力的测试,以计算不同排量条件下井底压力、不同排量下的井底压力修正系数,并绘制井底压力修正系数随循环排量的变化关系曲线,并使用第一工业控制计算机记录,后续计算环空压力时,根据不同的注水泥循环排量选取不同的井底压力修正系数,提高井底压力计算准确率;再绘制循环排量与井底压力降低值随环空抽吸泵转速的变化关系曲线;

[0013] 再者,通过绘制环空压力随井深变化关系曲线,设计施工过程中是否需要启动环空抽吸泵,进一步地,通过某时刻的固井循环排量,将其对照前述中循环排量与环空抽吸泵之间变化关系曲线,选择对应的抽吸泵转速进行固井施工;最后,本发明有助于降低环空压力,避免或减轻固井漏失。

附图说明

[0014] 图1为井底压力测试系统结构示意图;

[0015] 图2为基于环空抽吸泵的控压固井系统结构示意图;

[0016] 图3为井底压力修正系数随循环排量的变化曲线;

[0017] 图4为循环排量条件下井底压力降低值随环空抽吸泵转速的变化关系曲线;

[0018] 图5为环空压力随井深变化的曲线图;

[0019] 其中,

[0020] 环空返出管线1、环空抽吸泵2、钻头3、压力测试仪4、井筒5、钻柱6、流量传感器7、第一工业控制计算机8、第一手动平板阀9、第二手动平板阀10、注入管线11、注浆泵12、泥浆罐13、第一支路管线14、第二支路管线15、套管柱16、自动平板阀17、密度传感器18、流量传感器7、压力传感器19、水泥车20、第二工业控制计算机21、注入泵22。

具体实施方式

[0021] 一种基于环空抽吸泵的控压固井方法,包括如下步骤:

[0022] S1、在钻井施工的环空返出管线1上设置一环空抽吸泵2,当钻至井底或本开次套管下深时,先在环空抽吸泵零转速状态下测试不同循环排量条件下的井底压力并记录,再计算不同排量条件下井底压力与井底压力修正系数,并绘制井底压力修正系数随循环排量的变化曲线图;

[0023] 优选地,S1中,不同循环排量为 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、... Q_n ,不同循环排量条件下的测试井底压力为 P_{z1} 、 P_{z2} 、 P_{z3} 、... P_{zn} ,不同排量条件下的计算井底压力为 P_{c1} 、 P_{c2} 、 P_{c3} 、... P_{cn} ,井底压力修正系数为 $\lambda_1 (P_{z1}/P_{c1})$ 、 $\lambda_2 (P_{z2}/P_{c2})$ 、 $\lambda_3 (P_{z3}/P_{c3})$ 、... $\lambda_n (P_{zn}/P_{cn})$,其中, n 为注水泥作业计划中不同排量的个数;

[0024] 进一步地,S1中,变化曲线图用于后期计算环空压力时,根据不同注水泥循环排量选取不同的井底压力修正系数,提高井底压力计算准确率;

[0025] S2、然后测试常用固井循环排量条件下环空抽吸泵2不同转速状态下的井底压力,计算该循环排量条件下井底压力降低值,并绘制该循环排量条件下井底压力降低值随环空抽吸泵2转速的变化关系曲线图;依次类推,可绘制多个循环排量条件下井底压力降低值随环空抽吸泵2转速的变化关系曲线图;

[0026] S1、S2步骤过程通过井底压力测试系统完成,且井底压力测试系统包括钻头3、用于测量井底压力的压力测试仪4、井筒5、钻柱6、用于监测环空返出流体流量的流量传感器7、用于计算环空压力并修正压力数据的第一工业控制计算机8、第一手动平板阀9、第二手动平板阀10、环空抽吸泵2、注入管线11、环空返出管线1、注浆泵12、泥浆罐13,钻柱6一端伸入井筒5内、另一端与注入管线11的一端连通,注入管线11另一端与泥浆罐13连通,且通过注入管线11上的注浆泵12将泥浆罐13内的泥浆通过注入管线11、钻柱6依次泵入井筒5内;钻柱6伸入井筒5的一端从上至下依次连接有压力测试仪4、钻头3;

[0027] 环空返出管线1一端与井筒5连通,另一端伸入泥浆罐13,井筒5与泥浆罐13之间的环空返出管线1上设置有流量传感器7、第一手动平板阀9、第二手动平板阀10、环空抽吸泵2,流量传感器7的信号输出端与第一工业控制计算机8的信号输入端连通,且流量传感器7位于靠近井筒5的一端,第一手动平板阀9、环空抽吸泵2通过第一支路管线14连接,第二手动平板阀10位于第二支路管线15上,且第一支路管线14、第二支路管线15两端均与环空返出管线1连通,并通过流量传感器7将环空返出管线1上的流量信号反馈于第一工业控制计算机8后用于测试不同循环排量条件下的井底压力。

[0028] 优选地,第一工业控制计算机8用于接收来自流量传感器7监测的环空返出管线1的流量信号,用于监测不同循环排量条件下的井底压力、计算不同排量下井底压力修正系数,并绘制井底压力修正系数随循环排量的变化曲线、以及不同条件下井底压力降低值随环空抽吸泵2转速的变化关系曲线;第一工业控制计算机8内设置有注水泥动态模拟仿真软件。

[0029] 优选地,压力测试仪4为PWD压力测试仪4;

[0030] 第一手动平板阀9位于靠近流量传感器7一端。

[0031] S3、获取地层孔隙压力剖面数据、地层漏失压力或破裂压力数据,并绘制地层孔隙压力、地层漏失压力或破裂压力随井深的变化曲线图,再计算固井过程中任一时刻的环空压力,绘制环空压力随井深变化的曲线图;

[0032] S4、观察步骤S3绘制的三条压力曲线图,如某时刻,环空压力曲线均在地层空隙压力、地层漏失压力或破裂压力所包围的窗口内,表明环空压力安全,无需环空抽吸泵2工作,环空抽吸泵2转速为0即可;

[0033] 若某一点深度或某一段深度环空压力曲线越过地层漏失压力或破裂压力曲线,表明该点或该段环空压力过大,此时需计算该点环空压力值与地层漏失压力或破裂压力的差值 ΔP 、或该段环空压力值与地层漏失压力或破裂压力的最大值 ΔP ,在该情况下需启动环空抽吸泵2来降低环空压力;

[0034] 优选地,S4中,环空抽吸泵2转速的确定方法如下:

[0035] 先找到该时间的固井循环排量,然后根据循环排量在步骤S2获得的曲线上查寻得到1.2倍 ΔP 所对应的环空抽吸泵2转速,若1.2倍 ΔP 值不在步骤S2获得的曲线测试点上,则根据拉格朗日插值法进行插值确定;

[0036] 方法还包括,绘制环空抽吸泵2转速随注水泥时间变化曲线,获得固井过程中任一时刻下的环空抽吸泵2转速值,用以在注水泥过程中调整环空抽吸泵2转速值,实现整个注水泥阶段环空压力均不超过地层漏失压力或破裂压力范围,即不发生漏失现象。

[0037] 优选地,S3、S4步骤过程通过基于环空抽吸泵的控压固井系统完成,且基于环空抽

吸泵的控压固井系统包括：井筒5、套管柱16、三个自动平板阀17、密度传感器18、流量传感器7、压力传感器19、环空抽吸泵2、环空返出管线1、注入管线11、泥浆罐13、水泥车20、第二工业控制计算机21，套管柱16一端伸入井筒5内、另一端与注入管线11的一端连通，注入管线11的另一端伸入水泥车20；环空返出管线1一端与井筒5顶部连通、另一端伸入泥浆罐13，环空返出管线1上从井筒5至泥浆罐13方向依次设置有密度传感器18、流量传感器7、压力传感器19、环空抽吸泵2，且密度传感器18设于第一支路管线14，第一支路管线14与第二支路管线15并联、且两端均与环空返出管线1连通，第一支路管线14上密度传感器18的左、右两侧，以及第二支路管线15上均设置有一自动平板阀17；密度传感器18、流量传感器7、压力传感器19、环空抽吸泵2的信号输出端与第二工业控制计算机21的信号输入端连接，自动平板阀17、环空抽吸泵2的信号输入端与第二工业控制计算机21的信号输出端连接，使得水泥车20内的水泥依次通过注入管线11、套管柱16进入井筒5内，井筒5内的流体通过环空抽吸泵2和环空返出管线1流至泥浆罐13，同时经密度传感器18、流量传感器7、压力传感器19将环空返出管线1内流体的密度、流速、压力信号均反馈至第二工业控制计算机21用于计算不同深度下井内的环空压力。

[0038] 注入管线11上设置有注入泵22，用于向井筒5内注入流体，并从环空返出管线1返出。

[0039] 优选地，第二工业控制计算机21用于接收来自密度传感器18、流量传感器7、压力传感器19监测的环空返出管线1的信号，以计算不同深度下井内的环空压力，并绘制环空压力随井深变化关系的曲线；进一步地，第二工业控制计算机21中设置有控压固井软件。

[0040] 密度传感器18用于监测环空返出管线1上流体密度；压力传感器19用于监测环空返出管线1上流体压力。

[0041] 以下结合具体实施例对本发明作进一步说明：

[0042] 计算井参数获取，为一口定向井，二开钻深900m，最大井斜 40° ，裸眼平均井径231.7mm，下井套管直径139.7mm，水泥返深到地面，井内钻井液密度为 $1.14\text{g}/\text{cm}^3$ ，固井水泥浆密度为 $1.85\text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0043] 注水泥作业计划参数表如下表1：

[0044] 表1

[0045]

序号	操作内容	流体密度 (g/cm^3)	用量 (m^3)	排量 (m^3/min)
1	注冲洗液	1.02	5.91	1.8
2	注水泥浆	1.85	28.72	1.2

[0046]

5	下胶塞			
6	清水压塞	1.00	2.0	1.8
8	替泥浆	1.14	5.7	1.8
9	清水碰压	1.00	2.0	0.6

[0047] S1、将井底压力测试系统连接完成,并进行如下操作:

[0048] 在钻井施工过程中,当钻头3钻至井底或本开次套管下深后,关闭第一支路管线14上的第一手动平板阀9、打开第二支路管线15上的第二手动平板阀10,并按照注水泥作业计划中的排量 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、…… Q_n 进行循环(其中n为注水泥作业计划中不同排量的个数),测试不同循环排量条件下的井底压力 P_{z1} 、 P_{z2} 、 P_{z3} 、…… P_{zn} ,并做好数据记录。

[0049] 同时,应用第一工业控制计算机8计算不同排量 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、…… Q_n 条件下的井底压力 P_{c1} 、 P_{c2} 、 P_{c3} 、…… P_{cn} ,并计算不同排量的井底压力修正系数 $\lambda_1 (P_{z1}/P_{c1})$ 、 $\lambda_2 (P_{z2}/P_{c2})$ 、 $\lambda_3 (P_{z3}/P_{c3})$ 、…… $\lambda_n (P_{zn}/P_{cn})$,绘制井底压力修正系数随循环排量的变化曲线(如图3所示)并记录于第一工业控制计算机8中,便于后续在计算环空压力时根据不同的注水泥循环排量选取不同的井底压力修正系数;下表2为井底压力修正系数计算数据:

[0050] 表2

[0051]

循环排量(m^3/min)	PWD实测井底压力(MPa)	软件计算井底压力 (MPa)	井底压力修正系 数
1.2	16.72	16.37	1.0214
1.8	16.98	16.57	1.0247
0.6	16.55	16.25	1.0185

[0052] S2、关闭第二手动平板阀10、打开第一手动平板阀9,将环空流体返出流道倒换至环空抽吸泵2管线支路,按照注水泥注替计划中的排量进行循环,测试循环排量 Q_1 条件下多个环空抽吸泵2转速(R_1 、 R_2 、 R_3 、…… R_m ,m为环空抽吸泵2转速值个数)状态下的井底压力 P_{p1} 、 P_{p2} 、 P_{p3} 、…… P_{pm} ;测试结束后计算循环排量 Q_1 条件下井底压力降低值($P_{p1}-P_{z1}$ 、 $P_{p2}-P_{z1}$ 、 $P_{p3}-P_{z1}$ 、…… $P_{pm}-P_{z1}$),绘制循环排量 Q_1 条件下井底压力降低值随环空抽吸泵转速的变化关系曲线(如图4所示);

[0053] 同理,可得 Q_2 、 Q_3 、…… Q_n 循环排量条件下井底压力降低值随环空抽吸泵转速的变化关系曲线;(下表3为井底压力修正系数计算数据)

[0054] 表3

[0055]

循环排量 (m ³ /min)	抽吸泵转速 (rpm/min)	PWD 实测井底压力 (MPa)	井底压力降低值 (MPa)
1.2	2000	16.63	0.09
	2500	16.57	0.15
	3000	16.47	0.25
	3500	16.35	0.37
	4000	16.19	0.53

[0056]

1.8	2000	16.90	0.08
	2500	16.83	0.15
	3000	16.72	0.26
	3500	16.59	0.39
	4000	16.42	0.56
0.6	2000	16.49	0.06
	2500	16.41	0.14
	3000	16.32	0.23
	3500	16.20	0.35
	4000	16.05	0.50

[0057] S3、将基于环空抽吸泵的控压固井系统连接完成

[0058] 并获取地层孔隙压力剖面数据、地层漏失压力或破裂压力数据(如下表4所示),并绘制地层孔隙压力、地层漏失压力或破裂压力随井深的变化曲线图,再计算固井过程中任一时刻的环空压力,绘制环空压力随井深变化的曲线图;(如图5所示)

[0059] 表4

[0060]

井深 (m)	孔隙压力 (MPa)	地层破裂压力 (MPa)	环空压力 (MPa)
0	0	0	0
100	1.05	1.65	1.45
200	2.1	3.3	2.9
300	3.15	4.95	4.35
400	4.2	6.6	6.1
500	5.25	8.25	9.5

600	6.3	9.9	10.3
700	7.35	11.55	11
800	8.4	13.2	12.1
900	9.45	14.85	13.05

[0061] S4、观察步骤S3绘制的三条压力曲线图(即图5所示),可知:注水泥井深0~400m之间时,环空压力曲线均在地层孔隙压力、地层漏失压力或破裂压力所包围的窗口之内,表明环空压力安全,无需抽吸泵工作,抽吸泵转速为0即可;

[0062] 注水泥在井深400m~700m之间时,环空压力曲线越过地层漏失压力或破裂压力曲线,表明该段环空压力过大,此时计算该段环空压力值与地层漏失压力或破裂压力的最大差值 $\Delta P=1.25\text{MPa}$ 。在这种情况下需要启动环空抽吸泵2(基于环空抽吸泵2的控压固井系统中的环空抽吸泵2)来降低环空压力,具体方法如下所示:

[0063] 首先找到注水泥到该深度的时间以及该时刻的固井循环排量 $1.2\text{m}^3/\text{min}$,然后根据循环排量 $1.2\text{m}^3/\text{min}$ 在S2确定的曲线图中(即图4)上查询得到 $1.2 \times \Delta P=1.5\text{MPa}$ (1.2倍 ΔP 为所需降低的井底压力值)所对应的环空抽吸泵2转速。

[0064] 如果1.2倍 ΔP 值不在曲线测试点上,则可根据拉格朗日插值法进行插值确定。显然 1.5MPa 不在图形上,利用拉格朗日插值法进行求解转速如下:

[0065] 已知图上的五个点(2000,0.09)、(2500,0.15)、(3000,0.25)、(3500,0.37)、(4000,0.53),求(x,1.5)。

$$\begin{aligned}
 1.5 &= 0.09 \times \frac{(x-2500)(x-3000)(x-3500)(x-4000)}{(2000-2500)(2000-3000)(2000-3500)(2000-4000)} + 0.15 \times \frac{(x-2000)(x-3000)(x-3500)(x-4000)}{(2500-2000)(2500-3000)(2500-3500)(2500-4000)} \\
 [0066] \quad &+ 0.25 \times \frac{(x-2000)(x-2500)(x-3500)(x-4000)}{(3000-2000)(3000-2500)(3000-3500)(3000-4000)} + 0.37 \times \frac{(x-2000)(x-2500)(x-3000)(x-4000)}{(3500-2000)(3500-2500)(3500-3000)(3500-4000)} \\
 &+ 0.53 \times \frac{(x-2000)(x-2500)(x-3000)(x-3500)}{(4000-2000)(4000-2500)(4000-3000)(4000-3500)}
 \end{aligned}$$

[0067] 求得转速 $x \approx 4350\text{rpm}/\text{min}$

[0068] 同理,可得固井过程中任一时刻下的环空抽吸泵2转速值,绘制环空抽吸泵2转速随注水泥时间变化曲线,注水泥过程中按照以上曲线调整环空抽吸泵转速值,即可实现整个注水泥阶段环空压力均不超过地层漏失压力或破裂压力范围,不会发生漏失现象。

[0069] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

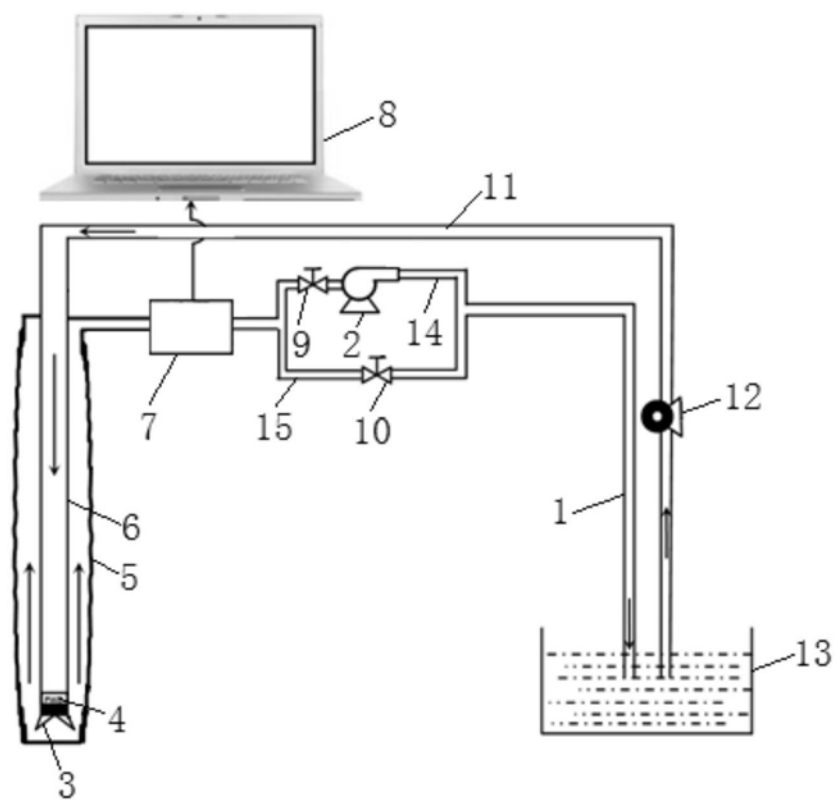


图1

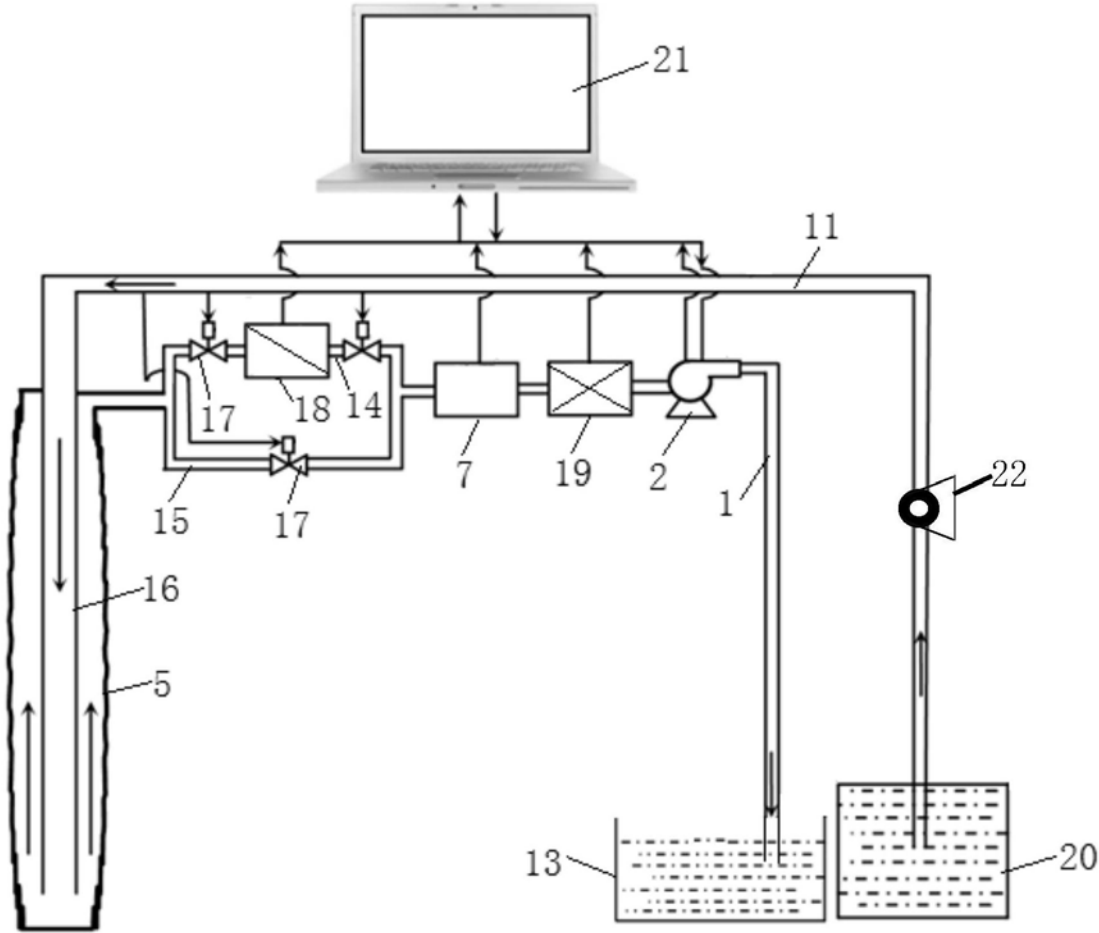


图2

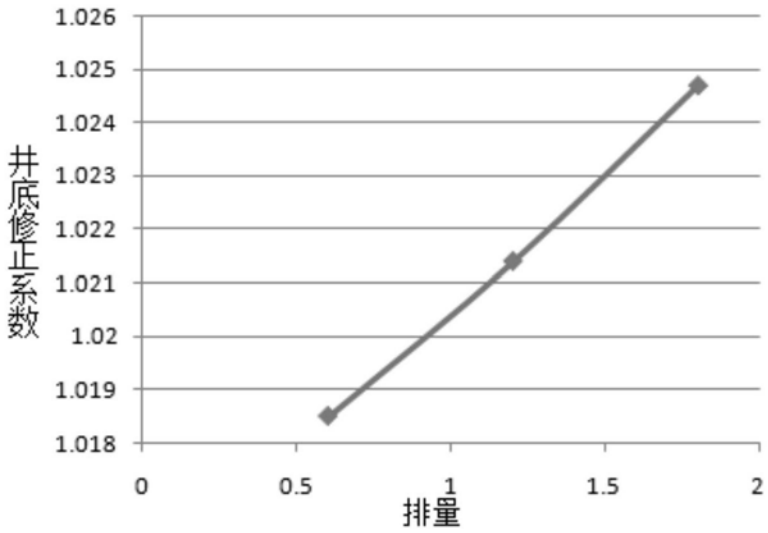


图3

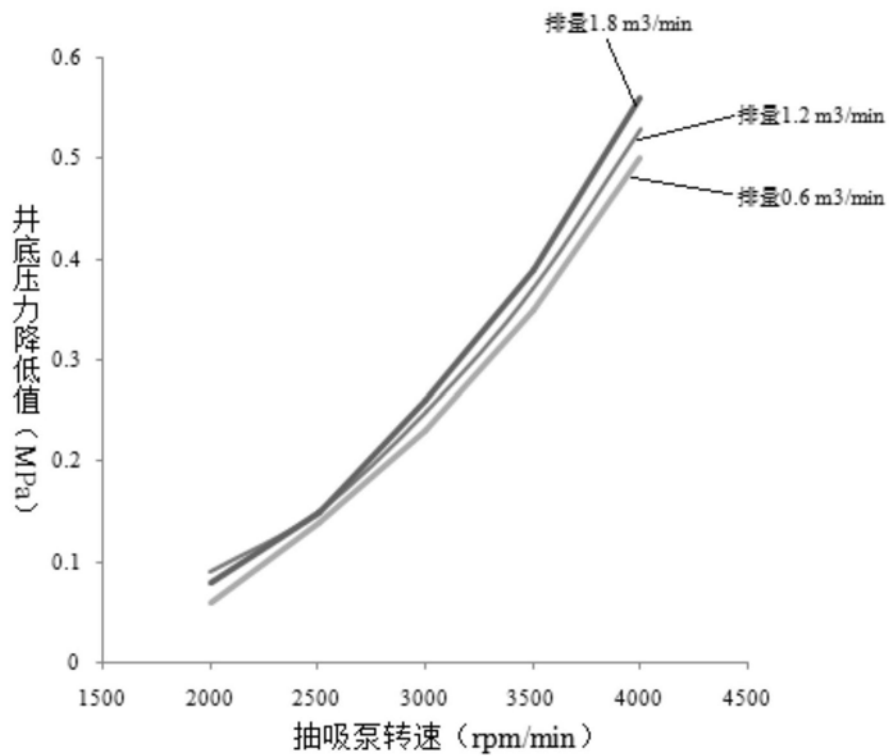


图4

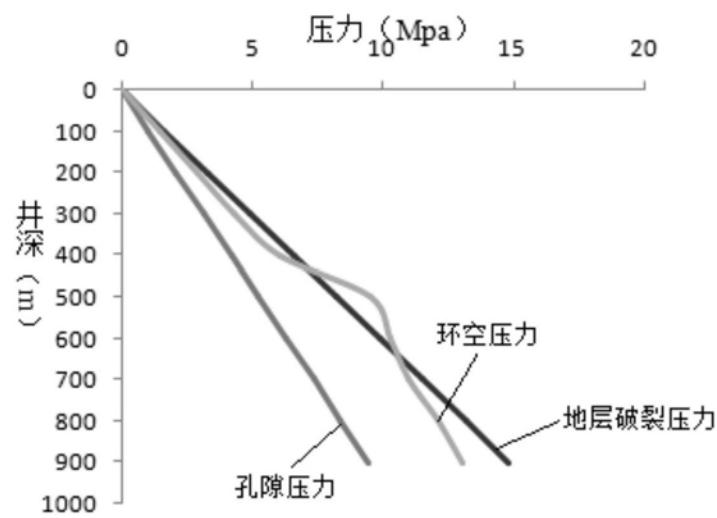


图5