

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

E21B 49/00 (2006.01)

E21B 33/13 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610103373.7

[43] 公开日 2008年1月23日

[11] 公开号 CN 101109281A

[22] 申请日 2006.7.21

[21] 申请号 200610103373.7

[71] 申请人 中国石油化工股份有限公司

地址 100029 北京市朝阳区惠新东街甲6号

共同申请人 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院

[72] 发明人 宋明全 江山红 何汉平 王文立

王治法 常连玉

[74] 专利代理机构 北京思创毕升专利事务所

代理人 韦庆文

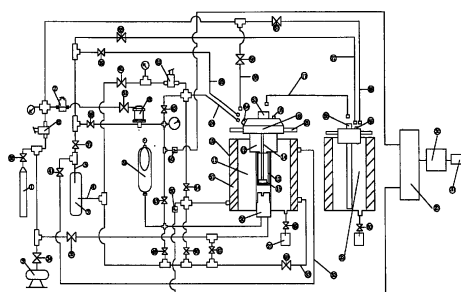
权利要求书2页 说明书13页 附图3页

## [54] 发明名称

高温高压泥饼界面胶结模拟评价装置

## [57] 摘要

本发明提供一种实验室用高温高压泥饼胶结质量评价装置，主要包括高温高压釜19、模拟井筒13、中间容器22、加热和冷却系统、压力源和压力系统、数据采集控制器23、计算机30和输出设备31。其功能是模拟井下压力和温度条件，实现了钻井液井筒式滤失、钻井液冲洗顶替、固井液注入、固井液的固化等连续性实验操作，模拟评价井下钻井液、泥饼存在时对固井液界面胶结质量的影响，不同冲洗液对环空冲洗效果的评价，通过压力剪切测定两者界面的剪切胶结强度，通过水压窜通原理测定两者界面的水力胶结强度，为油田钻井工程钻井液、固井液的性能配方优选、工程设计提供实验数据。



1. 一种高温高压泥饼界面胶结模拟评价装置，所述评价装置主要包括高温高压釜(19)、模拟井筒(13)、中间容器(22)、加热和冷却系统、压力源和压力系统、数据采集系统、计算机(30)和输出设备(31)，其特征在于，所述模拟井筒组(13)基本组成包括模拟钻杆(62)或模拟套管(14)和刚性模拟井筒(67)，模拟钻杆拧入釜体中心孔的丝扣(64)中，模拟钻杆上设有接头(66)、釜体中心孔的接头上设有堵丝(69)，模拟井筒下端配备密封环(71)，模拟井筒(13)放在高温高压釜(19)中，高温高压釜(19)配有高温高压釜盖(18)，高温高压釜盖(18)上设有釜中心接头(53)、釜侧孔接头(54)和釜体排气孔(16)，模拟钻杆通过釜体中心孔装入高温高压釜(19)，釜侧孔接头(54)可以与各种压力源连接，中间容器(22)配有中间容器中心接头(58)和中间容器侧孔接头(59)，高温高压釜(19)和中间容器(22)通过连接管线(17)连接，连接管线(17)的一端与高温高压釜(19)的釜中心接头(53)连接，另一端与中间容器中心接头(58)连接，数据采集系统可以采集评价装置的压力、温度、模拟钻杆的位移，将采集的数据输送到计算机(30)，可以通过输出设备(31)打印出来。

2. 如权利要求1所述的高温高压泥饼界面胶结模拟评价装置，其特征在于，所述加热和冷却系统包括高温高压釜(19)的釜体加热套(51)、釜体冷却水进回管线(32)、(33)。

3. 如权利要求1所述的高温高压泥饼界面胶结模拟评价装置，其特征在于，所述压力源包括氮气源(1)、压缩空气(2)、水源(3)和增压泵(8)，所述压力系统包括连接氮气源(1)、压缩空气(2)、水源(3)、增压泵(8)以及高温高压釜(19)、中间容器(22)的各条管线。

4. 如权利要求1所述的高温高压泥饼界面胶结模拟评价装置，其特征在于，所述装置还包括泥饼清洗管路，所述泥饼清洗管路包括水源(3)、水源阀(37)，清洗水管线接头(27)、气源顶替阀(57)、高温高压釜(19)、模拟井筒(13)、中间容

器(22)、连接管线(17)、接在釜侧孔接头(54)上的软管和空的容器。

## 高温高压泥饼界面胶结模拟评价装置

### 技术领域

本申请专利发明属于石油勘探开发领域石油钻井科研和生产实验仪器，涉及在实验室环境下模拟现场压力和温度条件，测试井下固井第一、二界面胶结质量的评价仪器。

### 背景技术

油(气)井固井质量的好坏可通过第一界面（水泥环与套管）和第二界面（水泥环与地层）的胶结质量来评价。在施工现场对油(气)井固井界面胶结质量的测定仪器，均采用大型的仪器车和电缆，主要有声幅测井、声波变密度测井、MAK-2声波和伽马密度测井等方法，一台仪器车需要大量的资金投入，无法应用于科研及实验室模拟评价。目前，由于声波测井的局限性，关于井下界面胶结质量的实验室模拟评价还没有统一的方法和标准，室内测试井眼二界面胶结质量的方法，普遍采用的自制简易试验装置，即简单的养护—加压的机械式力学方法，与现场实际条件相差很大，且没有充分考虑压力、温度等环境因素对实验结果的影响，实验数据精度差。目前国内外还没有统一成型的相对精密的实验室仪器对泥饼质量和固化胶结质量进行模拟评价。

### 发明内容

本发明为了解决目前国内外缺乏对泥饼质量和固化胶结质量进行实验室模拟评价装置的问题，提出一种能模拟井下条件在室内进行测试：1、油（气）井水泥浆固井后第一界面、泥饼二界面的剪切胶结强度；2、油（气）井水泥浆固井后第二界面的水力胶结强度；3、不同冲洗液对模拟环空的冲洗、顶替效果实验的评价装置。

本发明的高温高压泥饼界面胶结模拟评价装置，所述评价装置主要包括高

温高压釜 19、模拟井筒 13、中间容器 22、加热和冷却系统、压力源和压力系统、数据采集控制器 23、计算机 30 和输出设备 31，所述模拟井筒组 13 基本组成包括模拟钻杆 62 或模拟套管 14 和刚性模拟井筒 67，模拟钻杆拧入釜体中心孔的丝扣 64 中，模拟钻杆上设有接头 66、釜体中心孔的接头上设有堵丝 69，模拟井筒下端配备密封环 71，模拟井筒 13 放在高温高压釜 19 中，高温高压釜 19 配有高温高压釜盖 18，高温高压釜盖 18 上设有釜中心接头 53、釜侧孔接头 54 和釜体排气孔 16，模拟钻杆通过釜体中心孔装入高温高压釜 19，釜侧孔接头 54 可以与各种压力源连接，中间容器 22 配有中间容器中心接头 58 和中间容器侧孔接头 59，高温高压釜 19 和中间容器 22 通过连接管线 17 连接，连接管线 17 的一端与高温高压釜 19 的釜中心接头 53 连接，另一端与中间容器中心接头 58 连接，数据采集系统可以采集评价装置的压力、温度、模拟套管的位移，将采集的数据输送到计算机 30，可以通过输出设备 31 打印出来。

可以根据实验要求和步骤更换钻杆或模拟套管。如图 2、3 所示。

所述加热和冷却系统包括高温高压釜 19 的釜体加热套 51、釜体冷却水进回管线 32、33。

所述压力源包括氮气源 1、压缩空气 2、水源 3 和增压泵 8，所述压力系统包括连接氮气源 1、压缩空气 2、水源 3 和增压泵 8 以及高温高压釜 19、中间容器 22 的各条管线。

所述装置还包括泥饼清洗管路包括水源 3、水源阀 37，清洗水管线接头 27、气源顶替阀 57、高温高压釜 19、模拟井筒 13、中间容器 22、连接管线 17、接在釜侧孔接头 54 上的软管和空的容器。

在本发明中引入了力学剪切测定界面胶结质量的方法，实现了以往不能满足的高温高压的实验条件，实现了钻井液井筒式滤失、钻井液冲洗顶替、固井液注入等连续性实验操作的创新，可模拟评价油田实际井下粘稠钻井液、泥饼等对固井质量的影响，不同冲洗液对环空冲洗效果的评价等。对固井液与套管、

固井液与井壁之间的界面剪切胶结强度和水力胶结强度选择性测定，为钻井液及泥饼的综合评价、固井液配方优选、冲洗液配方优选提供实验数据；可优化钻井液和固井液的配方设计，优选井下顶替效率参数，对提高现场固井施工质量、防止层间窜槽及保护油气层具有重要的指导作用。

本发明区别于其它装置的特征如下：

#### （一）设计独特的多功能高温高压釜体总成

调节温控和压力系统模拟井下条件，在该釜体内可完成模拟井下条件的钻井液滤失形成泥饼、利用循环系统冲洗液对钻井液及虚泥饼的冲洗顶替、水泥浆的注入、模拟井眼环空的养护固化等施工过程，为与钻井相关的钻井液泥饼性能、固井清洗液、特种固井液性能相关评价实验提供试验平台。

#### （二）设计并制作了具有仿真的渗透性模拟井筒

可依据地质要求选用不同渗透性参数的环形井筒，模拟钻井过程中泥饼的形成、水泥浆在井眼环空中的失水情况，钻井液用量 0.8~5L。

#### （三）仿真的钻井液冲洗、顶替循环系统

在模拟井下温度与压力条件下，通过两个容积釜体与模拟井筒环空相通组成循环系统，在流体失水、冲洗时相通，在进行高压试验时可以隔断，可选用不同冲洗液通过模拟钻杆完成对模拟环空的冲洗、顶替实验。

#### （四）高温高压环境下稳定的压力机系统

为对养护好的环空固化物进行高温、高压下的剪切胶结强度试验，专门设计了一套平稳的压力机系统，有效克服了压力机工作时对高压釜体及实验数据采集的影响。

#### （五）模拟井下压力和温度高，依据实验要求可调节，性能稳定

本发明模拟井下压力和温度高，固井液的最高工作压力可达 35MPa，固化物高温高压养护工作压力范围 0~28MPa，工作温度范围室温~175℃，温控系统和压力系统工作稳定。

(六) 采用计算机程序控制计算机数据采集处理系统，自动化程度高。

在实验压力及温度条件下，计算机显示设定的温度和压力曲线及数值，自动记录压力机测定的第一、第二界面抗压强度及胶结强度数据，试验数据可以存储、打印、出具实验报告。

(七) 仪器结构布局合理，流畅合理的操作平台，外形美观。

## 附图说明

图 1 是表示本发明的高温高压泥饼界面胶结模拟评价装置的结构示意图；

图 2 是模拟井筒组的模拟钻杆在釜体中的剖面图；

图 3 是模拟井筒组的模拟套管在釜体中的剖面图；

图 4 是本发明实施例中得到的二界面剪切胶结强度实验曲线；

图 5 是本发明实施例中得到的二界面水力胶结强度实验曲线。

在图 1、2 和 3 中，数字标记分别具有如下含意：

1 氮气源 2 压缩空气 3 水源 4 回水管线 5 进水管线 6 气源压力调节阀 7 增压泵压力调节阀 8 增压泵 9 蓄能器 10 釜体外腔压力传感器 11 高温高压釜外腔 12 高温高压釜内腔 13 模拟井筒 14 模拟套管 15 密封板 16 釜体排气孔 17 高温高压容器和中间容器的连接管线 18 高温高压釜盖 19 高温高压釜 20 压机 21 集液器 22 中间容器 23 数据采集控制器 24 水加压接头 25 清洗高温高压釜体水接头 26 氮气或空气加压接头 27 清洗水管线接头 28 气源顶替接头 29 手柄 30 计算机 31 输出设备 32 釜体冷却进水管线 33 釜体冷却回水管线 34 压缩空气阀 35 压机复位阀 36 氮气源阀 37 水源阀 38 增压泵供水阀 39 釜体清洗阀 40 水力胶结强度卸压阀 41 高温高压釜冷却进水阀 42 釜体内腔加压阀 43 压机加压阀 44 釜体外腔加压阀 45 压机卸压阀 46 釜体卸压阀 47 压机排放阀 48 阀体冷却回水阀 49 釜体失水接收阀 50 中间容器排液阀 51 釜体加热套 52 水力胶结微调卸压阀 53 釜体中心接头 54 釜侧孔接头 55 中间容器清洗阀 56 加压失水阀

57 气源顶替阀 58 中间容器中心接头 59 中间容器侧孔接头 60 釜体内腔压力传感器 61 增压泵开关 62 模拟钻杆 63 模拟钻杆接头堵丝 64 模拟钻杆拧入釜体中心孔的丝扣 65 模拟钻杆水眼 66 模拟钻杆接头 67 刚性模拟井筒 68 刚性模拟井筒与釜体连接螺钉 69 釜体中心接头的堵丝 70 模拟井筒密封环固定螺钉 71 模拟井筒密封环 72 模拟套管专用工具 73 隔离环。

### 具体实施方式

下面结合附图，更加详细地解释本发明的高温高压泥饼界面胶结模拟评价装置。

如图 1 所示，本发明的基本组成为：在该模拟评价装置中，高温高压釜 19、中间容器 22 组成了实验工作环境，高温高压釜 19 及模拟井筒组 13 是主要的实验场所；分布在其周围的釜体加热套 51 和釜体冷却水进回管线 32、33 提供升温 and 冷却条件；氮气源 1、压缩空气 2、水源 3、增压泵 8 为实验工作环境提供试验工作压力，根据实验性质和压力范围可提供空气压、氮气压、水压等多种压力源；各种管路和各种阀完成仪器的升温、增压、冷却循环、卸压等实验程序；增压泵 8、蓄能器 9 和压机 20 通过气源压力调节阀产生平稳实验压力作用于模拟井筒 13 的实验样品；数据采集控制器 23 和计算机 30 完成数据的处理并输出到输出设备 31。

如图 2、3 所示，模拟井筒组 13 基本组成为：模拟钻杆 62、模拟钻杆拧入釜体中心孔的丝扣 64、模拟钻杆接头 66、刚性模拟井筒 67、釜体中心接头的堵丝 69、模拟井筒密封环 71、模拟套管专用工具 72、隔离环 73；根据实验要求和步骤更换钻杆或模拟套管。

下面根据仪器的工作流程详细地介绍本发明的装置。

如图 2 所示，安装模拟井筒组：将刚性模拟井筒 67 装在倒立的高温高压釜盖 18 上，并用刚性模拟井筒与釜体连接螺钉 68 固定好，再在刚性模拟井筒 67



中装入模拟井筒密封环 71, 拧好模拟井筒密封环固定螺钉 70, 把模拟井筒组装入高温高压釜 19 中, 用手柄 29 拧紧高温高压釜盖 18。

如图 1 所示, 实验前各阀门处于关闭状态, 拧开釜体中心接头 53 上的釜体中心接头堵丝 69, 装入模拟钻杆 62, 用扳手把模拟钻杆上的堵丝拧上, 拧开釜侧孔接头 54, 从釜侧孔用加液漏斗加入所需钻井液后, 拧紧釜侧孔接头 54, 把氮气源加压接头连接在釜侧孔接头 54 上, 拧紧釜体排气孔 16, 根据实验需要打开氮气源阀 36, 调节压力调节阀 6 到实验压力, 打开加压失水阀 56, 打开釜体失水接受阀 49, 在压力作用下钻井液在模拟井筒 13 失水形成泥饼, 失水经模拟井筒 13 外面的排液小孔(见图 1)进入釜体的外腔 11, 由釜体失水接受阀 49 流进集液器 21 中, 实验时间到后记下集液器 21 的失水量。获取井壁内的泥饼和实验失水量是这次实验目的, 实验结束后关闭加压失水阀 56, 气源压力调节阀 6 卸压。

卸下釜侧孔接头 54 上的氮气源加压接头, 用专用高压软管一头接在釜侧孔接头 54 上, 另一侧接入空的容器中; 在中间容器 22 的侧孔接头 59 上连接清洗水接头 27, 打开水源阀 37, 打开中间容器清洗阀门 55, 向中间容器内注水, 等有水从中间容器的中心接头 58 出来时, 关闭中间容器清洗阀门 55; 卸开清洗水接头 27, 接上气源顶替接头 28, 拧下模拟钻杆上面的堵丝 63, 将连接管线 17 的两端分别连接釜体和中间容器, 一头接在模拟钻杆上面的接头 53 上, 另一头接在中间容器的中心接头 58 上, 打开气源压力调节阀 6, 调节至清洗所需的压力, 而后打开气源顶替阀 57, 中间容器的清水在气源压力作用下进入模拟钻杆 62, 通过下面的水眼 65 流出, 顶替冲洗钻井液后由釜体侧孔接头 54 通过管线流入到空容器中; 清洗结束后, 关闭气源顶替阀 57, 用气源压力调节阀 6 卸压, 卸下连接管线 17, 卸开气源顶替接头 28, 卸开接在釜侧孔接头 54 上的高压软管。

用工具从釜体中心接头 53 中卸下模拟钻杆组, 用专用工具 72 换上模拟套管 14 装上(见图 3), 在釜侧孔接头 54 处加入所需实验固井液, 小心从套管中放入隔离圆环, 轻微活动套管, 卸下工具, 用扳手拧好釜体中心接头 53 上的堵

丝，注意不要拧紧，打开釜体排气孔 16，拧好釜侧孔接头 54，将水加压接头 24 连接在釜侧孔接头 54 上，打开釜体供水阀 38，打开釜体内腔加压阀 42 及釜体外腔加压阀 44，养护水同时从水加压接头 24 中进入釜体内腔，从釜体外腔加压阀 44 进入釜体外腔；当水充满釜体内腔 12 时会从釜体中心孔 53 上的堵丝流出，这时拧紧堵丝，当水充满釜体外腔 11 时会从釜体排气孔 16 上流出，这时拧紧釜体排气孔 16 堵丝，各个堵丝必须拧紧完全密封。

在数据采集控制器 23 设定实验所需的升温程序，调节气源压力调节阀 6 到实验所需的压力，启动高温高压釜 19 加热程序，同时打开计算机 30 启动加热加压监控程序，监控实验过程；等温度升到实验要求温度时，打开增压泵压力调节阀 7 到增压泵工作所需压力，打开增压泵开关 61，清水由釜体内腔加压阀 42 和釜体外腔加压阀 44 同时作用于釜体，如压力上升很快，可以调节釜体卸压阀 46 卸压，等压力增到实验所要求压力时，关闭增压泵开关 61，启动计算机 30 养护监控程序，保证养护过程的温度、压力的稳定。

根据实验要求，若要是测界面剪切胶结强度，计算机 30 程序设置到胶结强度界面上，启动实验采集程序；关闭釜体内腔加压阀 42，打开压机加压阀 43 和压机排放阀 47，打开增压泵开关 61，这时增压泵的水压进入蓄能器 9，同时作用于压力机 20，可以确保压力机 20 输出压力缓慢的上升，压力机 20 加压上升过程中其腔内的空气由压机排放阀 47 排出，在压机 20 加压过程中，计算机 30 程序压力出现一个变化的峰值，测出第二界面的胶结强度(见图 1 的压头形状为凹形)后，模拟套管也随之上升，等模拟套管 14 顶到釜体中心接头 53 的堵头上时，开始测第一界面的胶结强度，压力机 20 加压过程中，计算机 30 采集压力出现一个变化的峰值，测出一界面的胶结强度，模拟套管 14 被顶入压力机 20 的压头凹形槽中，等计算机 30 上出现两个峰值或压力超过实验要求时，关闭增压泵开关 61。界面胶结强度实验结束后，打开压机卸压阀 45，压力机卸压复位。打开釜体内腔加压阀 42 和釜体卸压阀 46，卸掉釜体内外腔的压力，打开釜体冷

却进水阀 41 和冷却回水阀 48,对釜体进行冷却。

根据实验选择内容,水力胶结强度试验测定,实验前的注钻井液、加压失水、泥浆清洗、注入固井液、加热加压养护等诸步骤及操作均同于剪切胶结强度试验。养护完成后,按下列步骤进行水力胶结试验:关闭釜体外腔加压阀 44,计算机 30 程序设置到水力胶结强度界面上,填好实验的数据,设定好采样时间间隔,同时启动计算机 30 程序采样数据,打开水力胶结卸压阀 40,打开水力胶结微调卸压阀 52,这时高温高压釜体内腔 12 的压力(水压)通过釜侧孔接头 54 上的高压软管到水力胶结微调卸压阀 52 缓慢的下降,在高温高压釜体外腔 11 和高温高压釜体内腔 12 形成一个水压力差,当压力差达到一定范围时,高温高压釜体外腔 11 压力(水压)就会通过井筒组 13 下部的小孔(见图 1)穿过固化体周围进入釜体的内腔 12,从而使高温高压釜体的内腔 12 和高温高压釜体外腔 11 连通,短时间内高温高压釜体内外腔水力压力同时跳越变化,最后整个釜体内外压力相同。在计算机 30 程序水力胶结强度界面采集压力曲线上表现为,釜体外腔压力曲线不变,釜体内腔压力曲线缓慢下降,在某一点上固化体水力胶结面破坏,釜体外腔压力突然降低,最后釜体内外腔压力采集曲线相同,釜体内外腔水压力差即为水力胶结强度压力值,而后釜体内外腔水力压力一同下降,这时水力胶结强度实验完成。打开釜体外腔加压阀 44,打开阀体卸压阀 46,卸掉釜体内外腔的压力,打开釜体冷却进水阀 41,打开釜体冷却回水阀 48,对釜体进行冷却,清洗,模拟实验结束。

### 实施例 1

下面以实施例的方式进一步解释本发明的装置及其应用。

将本发明的高温高压泥饼胶结质量评价系统调试完成并应用于实验中。在本实施例中,为了全面地解释本发明的装置,本实施例包括比较多的操作步骤,主要包括:模拟井筒组的安装、钻井液的加入与加压失水、顶替清洗实验、模拟套管的安装与固井液注入、加温加压养护、剪切胶结强度试验、水力胶结强

度试验等实验步骤，但是本发明装置的操作步骤不局限于它，可以根据需要进行合适的选择。

### 1. 试验前准备工作

仪器面板上将所有阀门、压力开关等处于关闭状态，压力系统复位。

### 2. 模拟井筒组的安装

将刚性模拟井筒 67 装在倒立的高温高压釜盖 18 上，并用刚性模拟井筒与釜体连接螺钉 68 固定好，再在刚性模拟井筒 67 中装入模拟井筒密封环 71，拧好模拟井筒密封环固定螺钉 70（见图 3），把高温高压釜盖 18 装入高温高压釜 19 中，用手柄 29 拧好高温高压釜盖 18，检查无误后进行下一步工作。

### 3. 钻井液的加入与加压失水

拧开釜体中心接头 53 上的釜体中心接头堵丝 69，装入模拟钻杆 62，用板手把模拟钻杆上的堵丝拧上，拧开釜侧孔接头 54，从釜侧孔用加液漏斗加入所需钻井液后，拧紧釜侧孔接头 54，把氮气源加压接头连接在釜侧孔接头 54 上，拧紧釜体排气孔 16，根据实验需要打开氮气源阀 36，调节压力调节阀 6 到实验压力，打开加压失水阀 56，打开釜体失水接受阀 49，在压力作用下钻井液在模拟井筒 13 失水形成泥饼，失水经模拟井筒 13 外面的排液小孔（见图 1）进入釜体的外腔 11，由釜体失水接受阀 49 流进集液器 21 中，实验时间到后记下集液器 21 的失水量。获取附在井筒内的泥饼和实验失水量是这次实验目的，实验结束后关闭加压失水阀 56，气源压力调节阀 6 卸压。

### 4. 钻井液的顶替清洗

卸下釜侧孔接头 54 上的氮气源加压接头，用专用高压软管一头接在釜侧孔接头 54 上，另一侧接入空的容器中；在中间容器 22 的侧孔接头 59 上连接清洗水接头 27，打开水源阀 37，打开中间容器清洗阀门 55，向中间容器内注水，等有水从中间容器的中心接头 58 出来时，关闭中间容器清洗阀门 55；卸开清洗水接头 27，接上气源顶替接头 28，拧下模拟钻杆上面的堵丝 63，将连接管线 17

的两端分别连接釜体和中间容器，一头接在模拟钻杆上面的接头 53 上，另一头接在中间容器的中心接头 58 上，打开气源压力调节阀⑥，调节至清洗所需的压力，而后打开气源顶替阀 57,中间容器的清水在气源压力作用下进入模拟钻杆 62，通过下面的水眼 65 流出，顶替冲洗钻井液后由釜体侧孔接头 54 通过管线流入到空容器中。清洗结束后，关闭气源顶替阀 57，用气源压力调节阀 6 卸压，卸下连接管线 17，卸开气源顶替接头 28，卸开接在釜侧孔接头 54 上的软管。

### 5. 模拟套管的安装与固井液、养护水加入

用工具从釜体中心接头 53 中卸下模拟钻杆组，用工具换上模拟套管 14 装上（见图 4），在釜侧孔接头 54 处加入所需实验固井液，小心从套管中放入隔离圆环，轻微活动套管，卸下工具，用扳手拧好釜体中心接头 53 上的堵丝，注意不要拧紧，打开釜体排气孔 16，拧好釜侧孔接头 54，将水加压接头 24 连接在釜侧孔接头 54 上，打开釜体供水阀 38,打开釜体内腔加压阀 42 及釜体外腔加压阀 44,养护水同时从水加压接头 24 中进入釜体内腔，从釜体外腔加压阀 44 进入釜体外腔；当水充满釜体内腔 12 时会从釜体中心孔 53 上的堵丝流出，这时拧紧堵丝，当水充满釜体外腔 11 时会从釜体排气孔 16 上流出，这时拧紧釜体排气孔 16 堵丝，各个堵丝必须拧紧完全密封。

### 6. 加温加压模拟养护

在数据采集控制器 23 设定实验所需的升温程序，调节气源压力调节阀⑥到实验所需的压力，启动高温高压釜 19 加热程序，同时打开计算机 30 启动加热加压监控程序，监控实验过程；等温度升到实验要求温度时，打开增压泵压力调节阀 7 到增压泵工作所需压力，打开增压泵开关 61，清水由釜体内腔加压阀 42 和釜体外腔加压阀 44 同时作用于釜体，如压力上升很快，可以调节釜体卸压阀 46 卸压，等压力增到实验所要求压力时，关闭增压泵开关 61，启动计算机 30 养护监控程序，保证养护过程的温度、压力的稳定。

### 7. 剪切胶结强度试验

养护实验完成后，计算机 30 程序设置到胶结强度实验界面上，关闭釜体内腔加压阀 42，启动计算机 30 程序采样压力数据，打开增压泵开关 61 启动增压泵，这时增压泵的水压进入蓄能器 9，同时作用于压力机 20，可以确保压力机 20 的机头输出压力缓慢的上升，打开压力机加压阀 43 和余气排放阀 47，压力机头施压于井筒组腔内固化体的下端，压力机 20 加压固化体上升过程中导致腔内的气压由余气排放阀 47 排出。压力曲线直接由计算机 30 自动采集，在压力机 20 输出施压过程中，如果固化体被压力机整体顶动，当固化体与模拟井筒井壁产生相对运动时，这时压力曲线出现一个跳越变化的瞬时峰值，这就是实验要求的第二界面的胶结强度。当固化体与模拟套管 14 一起被压力上升到模拟套管 14 顶到釜体中心接头 53 的堵头上时，压力曲线开始上升，开始测第一界面的胶结强度，压力机 20 加压过程中(见图 1 的压头形状为凹形)，当固化体与模拟套管产生相对运动时，模拟套管 14 被顶入压力机 20 的压头凹形槽中，压力出现一个跳越变化的瞬时峰值，实验测出第一界面的胶结强度；计算机 30 上出现实验结果或实验结束报警时（见图 4），关闭增压泵开关 61 和压力机加压阀 43，打开压机卸压阀 45 和压机复位阀 35,压机在气源压力作用下复位；打开釜体卸压阀 46，卸掉釜体内外腔的压力，打开釜体冷却进水阀 41 和冷却回水阀 48，对釜体进行冷却。

## 8. 水力胶结强度实验

水力胶结强度试验其注泥浆、加压失水、泥浆清洗、注入固井液、加热加压养护等诸步骤及操作均同于剪切胶结强度试验。

养护完成后，按下列步骤进行水力胶结试验：关闭釜体外腔加压阀 44，计算机 30 程序设置到水力胶结强度界面上，填好实验的数据，设定好采样时间间隔，同时启动计算机 30 程序采样数据，打开水力胶结卸压阀 40，打开水力胶结微调卸压阀 52,这时高温高压釜体内腔 12 压力（水压）通过釜侧孔接头 54 上的高压软管到水力胶结微调卸压阀 52 缓慢的下降，在高温高压釜体外腔 11 和高

温高压釜体内腔 12 形成一个压力差，当压力差达到一定范围时，高温高压釜体外腔 11 压力（水压）就会通过井筒组 13 下部的小孔(见图 1)穿过固化体周围进入釜体的内腔 12，从而使高温高压釜体的内腔 12 和高温高压釜体外腔 11 窜通，短时间内高温高压釜体内外腔压力同时跳越变化，最后整个釜体内外压力相同。在计算机 30 程序水力胶结强度界面采集压力曲线上表现为，釜体外腔压力曲线不变，釜体内腔压力曲线缓慢下降，在某一点上釜体外腔压力突然降低，最后釜体内外腔压力采集曲线相同，釜体内外腔压力差即为水力胶结强度压力值，而后釜体内外腔压力一同下降，这时水力胶结强度实验完成（见图 5）。打开釜体外腔加压阀 44，打开阀体卸压阀 46，卸掉釜体内外腔的压力，打开釜体冷却进水阀 41，打开釜体冷却回水阀 48，对釜体进行冷却，清洗，实验结束。

表 1 不同浆液 24 小时胶结质量对比实验

序号	固井液配方	浆体密度 (g/cm <sup>3</sup> )	二界面 介质	养护时间 (小时)	压力剪切值 (MPa)	胶结强度值 (MPa)	实验条件
1	嘉华 G 级 +44%水	1.88	砂质	24	13.36	1.27	135°C/25MPa
2	一体化工作液	1.60	砂质	24	13.18	1.19	135°C/25MPa
3	嘉华 G 级 +44%水	1.88	泥饼	24	5.23	0.43	135°C/25MPa
4	一体化工作液	1.55	泥饼	24	12.78	1.06	135°C/25MPa

本实施例得到的二界面剪切胶结强度实验曲线和二界面水力胶结强度实验曲线分别表示在图 4 和 5 中。

从试验结果看到，在相同实验条件下不同二界面得到不同的性能参数值，性能参数作对比。在砂质界面情况下，水泥浆与一体化工作液固化后的界面胶结强度差异不大，在有泥饼存在时，水泥浆与一体化工作液固化后的界面剪切胶结强度具有很大差异，水力胶结强度具有很大不同。我们可以通过改进泥饼质量或冲洗液、水泥浆的配方来提高界面剪切胶结强度。

从本实施例的操作过程和试验结果明显地看出，本发明的高温高压泥饼界

---

面胶结模拟评价装置能模拟井下条件在室内进行测试：1油（气）井水泥浆固井后第一界面、泥饼二界面的剪切胶结强度；2油（气）井水泥浆固井后第二界面的水力胶结强度；3 不同冲洗液对模拟环空的冲洗、顶替效果。



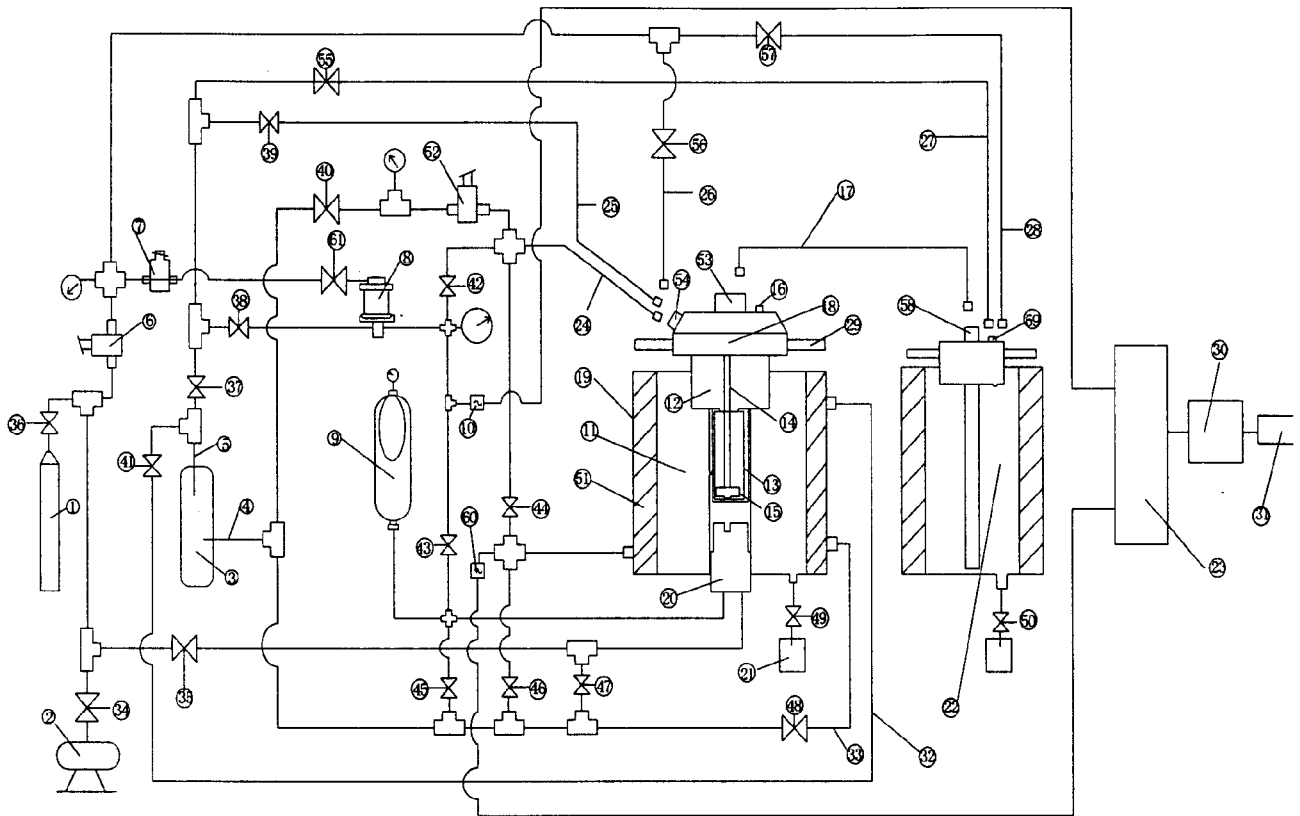


图 1

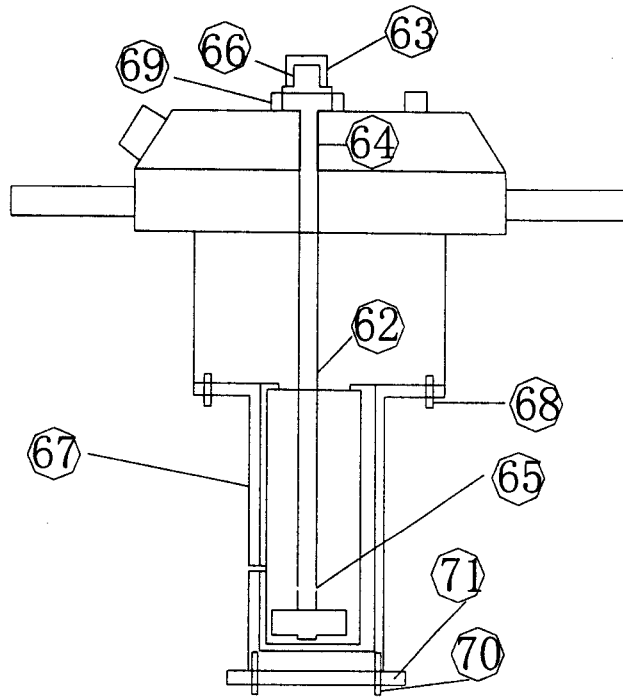


图 2

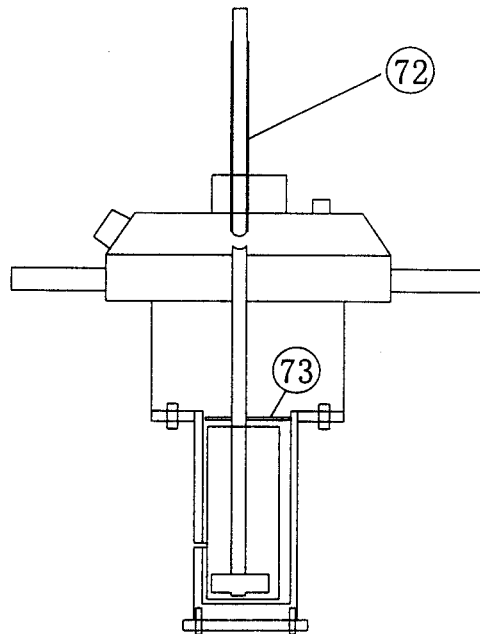


图 3

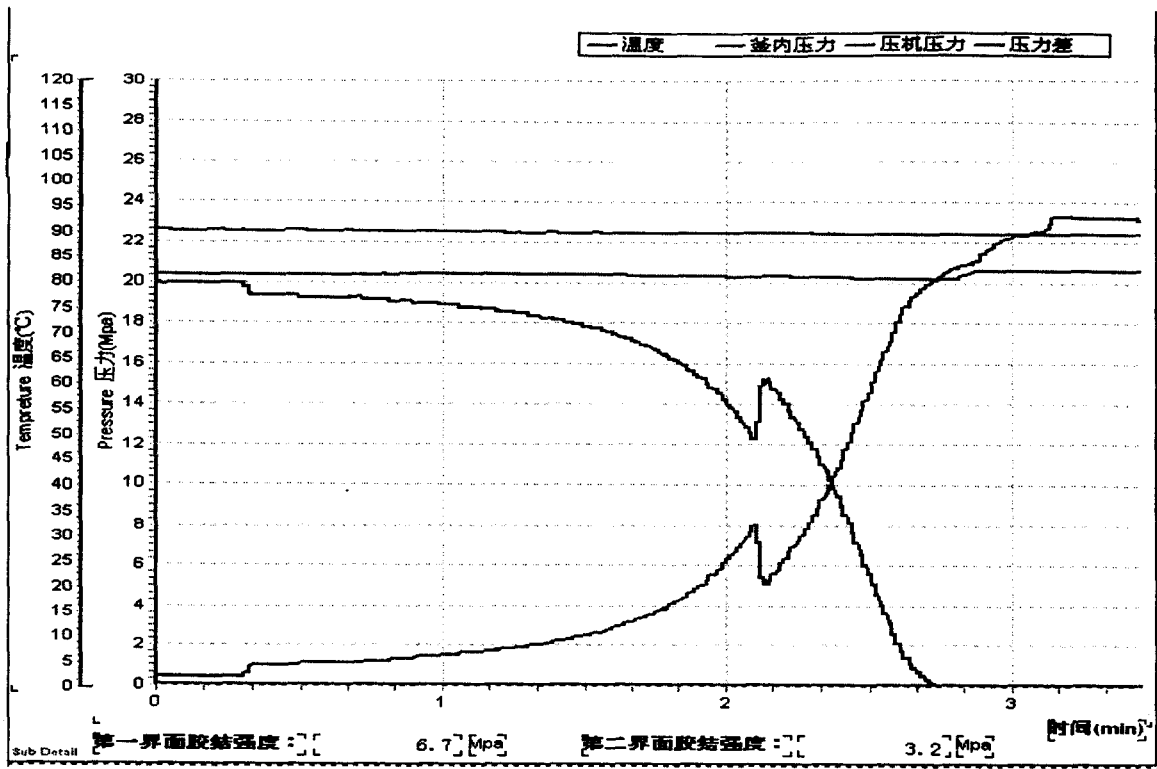


图 4

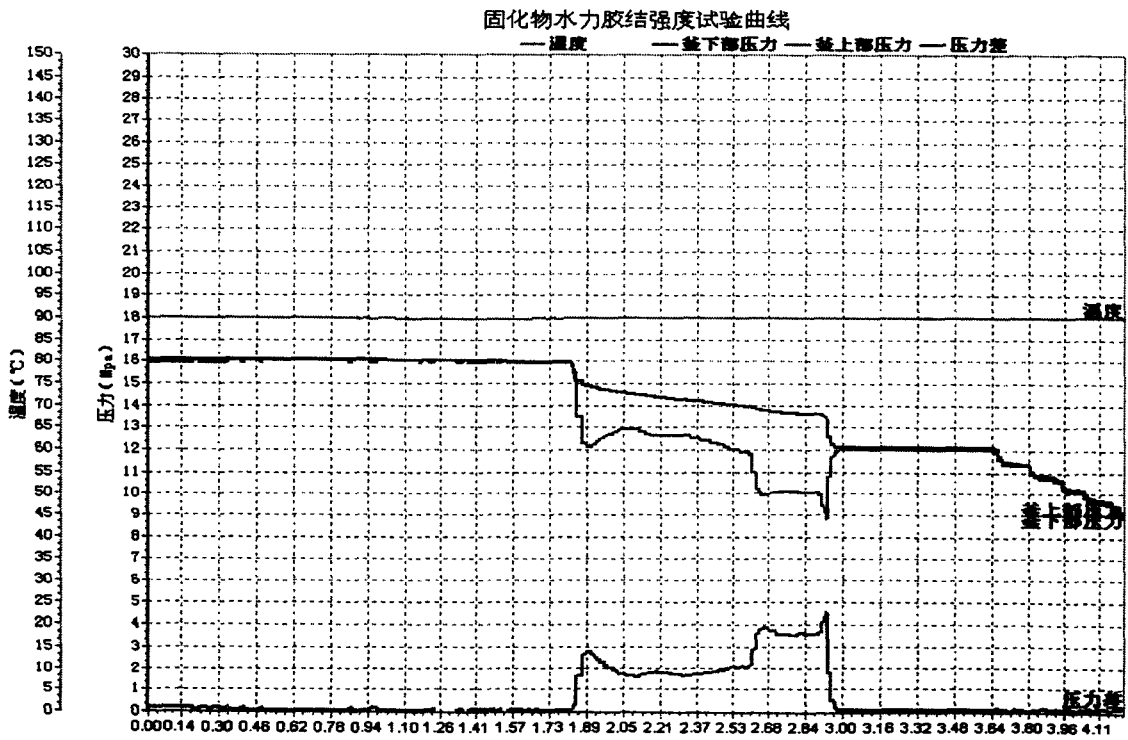


图 5