



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104406910 A

(43) 申请公布日 2015.03.11

(21) 申请号 201410582669.6

(22) 申请日 2014.10.27

(71) 申请人 西南石油大学

地址 610500 四川省成都市新都区新都大道
8号

(72) 发明人 郭小阳 张凯 李早元 刘健
常培敏 李进 谢和 辜涛
程小伟 李明

(74) 专利代理机构 成都市辅君专利代理有限公司
51120

代理人 杨海燕

(51) Int. Cl.

G01N 19/04(2006.01)

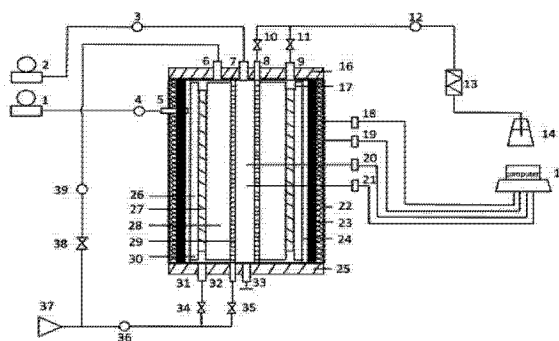
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

高温高压固井一、二界面封固能力测试装置
及方法

(57) 摘要

本发明公开了高温高压固井一、二界面封固能力测试装置及方法,该装置主要由釜体、外压泵、内压泵、加热带、围压套、内压管、氮气源、转子流量计、观察锥形瓶、外压力传感器、外电偶、内压力传感器、内电偶、气液排放阀、计算机组成。该方法包括:(1)将模拟岩心套上围压套置于釜体内,倒入钻井液;(2)加热釜体,向钻井液内注入压力 P_1 ,养护3d形成人造泥饼;(3)将水泥浆倒入内压管与模拟岩心形成的环形空间内,温度设定为井下温度 T_1 ,加压至实验所需围压 P_2 ,养护3d形成水泥环;(4)对内压管内部加压至实验所需压力 P_3 ,测试一、二界面的封固能力。本发明原理可靠,能准确测试高温高压条件下固井一、二界面处的封固能力,评价结果更为精确。



1. 高温高压固井一、二界面封固能力测试装置, 主要由釜体 (23)、外压泵 (1)、内压泵 (2)、加热带 (22)、围压套 (24)、内压管 (29)、凸型环堵头 (30)、凹型环堵头 (17)、氮气源 (37)、转子流量计 (13)、观察锥形瓶 (14)、外压力传感器 (18)、外电偶 (19)、内压力传感器 (20)、内电偶 (21)、气液排放阀 (33)、计算机 (15) 组成, 其特征在于, 所述釜体 (23) 内部, 由外向内依次置有围压套 (24)、模拟岩心 (26)、人造泥饼 (27)、水泥环 (28)、内压管 (29), 所述内压管连接内压力传感器 (20)、内电偶 (21); 所述釜体 (23) 外部, 通过围压口 (5) 连接外压泵 (1), 还连接外压力传感器 (18)、外电偶 (19) 以及加热带 (22); 所述釜体 (23) 顶部的上釜盖 (16) 有凹型环堵头 (17), 凹型环堵头分布有氮气进气口 (6)、内压进气口 (7)、一界面验气口 (8)、二界面验气口 (9); 所述釜体 (23) 底部的下釜盖 (25) 有凸型环堵头 (30), 凸型环堵头分布有一界面进气口 (32)、二界面进气口 (31)、气液排放阀 (33); 所述釜体内的水泥环 (28) 通过氮气进气口 (6) 连接氮气源 (37), 内压管 (29) 通过内压进气口 (7) 连接内压泵 (2), 内压管 (29) 和水泥环 (28) 形成的一界面通过一界面验气口 (8), 水泥环 (28) 和人造泥饼 (27) 形成的二界面通过二界面验气口 (9), 分别依次连接压力表 (12)、转子流量计 (13) 与观察锥形瓶 (14); 内压管和水泥环形成的一界面, 水泥环和人造泥饼形成的二界面分别通过一界面进气口 (32)、二界面进气口 (31) 连接氮气源 (37); 所述内压力传感器 (20)、内电偶 (21), 外压力传感器 (18)、外电偶 (19) 均和计算机 (15) 相连。

2. 利用权利要求 1 所述的装置进行高温高压固井一、二界面封固能力测试的方法, 依次包括以下步骤:

(1) 将与地层渗透率和孔隙度相当的模拟岩心套上围压套置于釜体内, 再在模拟岩心内倒入钻井液, 进行搅拌后加盖密封;

(2) 通过加热带加热釜体, 由外电偶将温度控制为井下实际温度 T_1 , 打开氮气源, 通过氮气进气口向钻井液内注入压力 P_1 , 在设定条件下养护 3d, 形成人造泥饼;

(3) 将加热带与氮气源关闭, 打开气液排放阀将釜体内压力排放, 然后打开上釜盖, 将内压管置于模拟岩心中, 将水泥浆倒入内压管与模拟岩心形成的环形空间内, 加盖密封, 重新打开加热带将温度设定为井下温度 T_1 , 打开外压泵加至实验所需围压 P_2 , 在设定条件下养护 3d, 使水泥浆形成水泥环, 从而内压管、水泥环、人造泥饼、模拟岩心胶结成一个组合体;

(4) 打开内压泵通过内压进气口对内压管内部加压至实验所需压力 P_3 , 待压力稳定之后, 测试一界面、二界面的封固能力:

打开一界面的控制阀, 关闭二界面的控制阀, 打开氮气源, 模拟井下实际的气体压力, 让气体通过一界面进气口进入一界面, 一定时间后如果在观察锥形瓶处观察到有连续均匀气泡冒出, 表示固井一界面已被窜通, 此时从压力表与转子流量计读取的相应数据, 表示固井一界面的最大封固能力值;

关闭氮气源, 打开气液排放阀排放压力后, 打开二界面的控制阀, 关闭一界面的控制阀, 再打开氮气源, 模拟井下实际的气体压力, 让气体通过二界面进气口进入二界面, 一定时间后如果在观察锥形瓶处观察到有连续均匀气泡冒出, 表示固井二界面已被窜通, 此时从压力表与转子流量计读取的相应数据, 表示固井二界面的最大封固能力值。

高温高压固井一、二界面封固能力测试装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及油气井工程固井过程中固井一、二界面封固能力测试装置及方法,能模拟在高温高压条件下,二界面泥饼的形成以及对固井一、二界面的封固能力测试。

背景技术

[0002] 对油气井固井完井工程而言,通常把套管与水泥环之间的胶结面称之为固井一界面,把水泥环与地层之间的胶结面称之为固井二界面。固井一、二界面问题是长期困扰石油工程界且亟待解决的一个复杂性工程难题,它严重制约了石油天然气(含煤层气)勘探开发的效果和效益已是不争的事实。如今我国东部已开发油田大多进入高含水阶段,未开发的油田也多为低渗、特稠油、超稠油,由于井下地质构造等客观因素和人为因素的影响,如:套管在高温高压环境下膨胀,易造成封固一、二界面损坏;套管试压,大规模强化开采措施,如射孔、酸化、压裂等后期作业均会对固井一、二界面带来严重的应力冲击,当一、二界面不能承受强制性的冲击时,将有可能发生破坏。固井二界面封隔失效主要是由于水泥环和地层之间的界面处存在松散的泥饼,使水泥环与地层壁面之间发生不同程度的剥离而形成微裂缝,导致固井二界面胶结强度下降,给被圈闭于地层的流体创造窜流路径。

[0003] 因此,开展固井一、二界面封固能力评价研究有着非常重要的意义。张玉广提出固井二界面仿真实验系统和评价方法(张玉广,李新宏,高玉堂,等. 养护时间和泥饼改性剂对固井二界面胶结强度的影响[J]. 油田化学,2010,27(2):124-127),崔茂荣提出了一种的高温高压岩心滤失装置(崔茂荣,马勇. 评价钻井液滤饼对固井二界面胶结质量影响的新方法[J]. 天然气工业,2006,26(12):92-93),顾军提出了一种固井二界面封固能力仿真评价装置(顾军,杨卫华,秦文政,等. 固井二界面封固能力评价方法研究[J]. 石油学报,2008,29(3):451-454),但该装置存在许多不足,一是未能实现在本装置内形成泥饼,二是形成的泥饼仅仅是“平行”的理想结构,不符合实际的“环”状结构,三是不能真实模拟高温高压条件下的井况,四是该装置只能评价固井二界面,不能评价固井一界面的封固能力。

[0004] 这些研究方法和评价装置都力图模拟固井二界面在井下工况下的受力状态,然而也存在大量的弊端。一方面固井二界面的泥饼没能在同一装置内形成,同时无法同时检测固井一界面的封固能力,另一方面这些评价装置都没有遵循实际的组合体结构进行固井一、二界面的评价,且基于实验设备和条件的限制,很少考虑在高温、高压或者在这两者变化条件下对固井一、二界面封固能力的量化评定。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供高温高压固井一、二界面封固能力测试装置,该装置能真实地模拟井况下泥饼的形成,并能比较准确地测试固井一、二界面的封固能力,克服了现有技术的缺陷。

[0006] 本发明的另一目的还在于提供利用上述装置进行高温高压固井一、二界面封固能力测试的方法,该方法原理可靠,能模拟高温高压条件下固井一、二界面处的封固能力,评

价结果更为精确。

[0007] 为达到以上技术目的,本发明提供以下技术方案。

[0008] 高温高压固井一、二界面封固能力测试装置,主要由釜体、外压泵、内压泵、加热带、围压套、内压管、凸型环堵头、凹型环堵头、氮气源、转子流量计、观察锥形瓶、外压力传感器、外电偶、内压力传感器、内电偶、气液排放阀、计算机组成。

[0009] 所述釜体内部,由外向内依次置有围压套、模拟岩心、人造泥饼、水泥环、内压管,所述内压管连接内压力传感器、内电偶;所述釜体外部,通过围压口连接外压泵,还连接外压力传感器、外电偶以及加热带,所述加热带由环形电阻丝加热元件和保温套组成。

[0010] 所述釜体顶部的上釜盖有凹型环堵头,凹型环堵头分布有氮气进气口、内压进气口、一界面验气口、二界面验气口;所述釜体底部的下釜盖有凸型环堵头,凸型环堵头分布有一界面进气口、二界面进气口、气液排放阀。

[0011] 所述釜体内的水泥环通过氮气进气口连接氮气源,内压管通过内压进气口连接内压泵,内压管和水泥环形成的一界面通过一界面验气口,水泥环和人造泥饼形成的二界面通过二界面验气口,分别依次连接控制阀、压力表、转子流量计与观察锥形瓶。

[0012] 内压管和水泥环形成的一界面,水泥环和人造泥饼形成的二界面分别通过一界面进气口、二界面进气口连接控制阀、氮气源。

[0013] 所述内压力传感器、内电偶,外压力传感器、外电偶均和计算机相连。

[0014] 所述凸型环堵头与凹型环堵头均内密封,目的在于让通入泥饼处的气体只沿二界面窜流,同时防止通气时一、二界面的气体相互窜流。

[0015] 本发明中人造泥饼的形成是将现场钻井液倒入模拟岩心内,进行搅拌,然后加盖密封,通过加热带对釜体加热至实验所需温度,由氮气源向釜体内的钻井液施加压力,在这种条件下养护 3d 形成人造泥饼。

[0016] 本发明具体实施步骤如下:通过模拟井下实际温度、压力工况等条件,在装置内先形成泥饼,再形成水泥环,然后在固井一、二界面处通入气体,由压力表与转子流量计记录气体的压力与流量,并观察锥形瓶气泡的状态,来评价固井一、二界面的封固能力。

[0017] 利用上述装置进行高温高压固井一、二界面封固能力测试的方法,依次包括以下步骤:

[0018] (1) 将与地层渗透率和孔隙度相当的模拟岩心(环状)套上围压套置于釜体内,再在模拟岩心内倒入钻井液,进行搅拌后加盖密封;

[0019] (2) 通过加热带加热釜体,由外电偶将温度控制为井下实际温度 T_1 ,打开氮气源,通过氮气进气口向钻井液内注入压力 P_1 ,在设定条件下养护 3d,形成人造泥饼;

[0020] (3) 将加热带与氮气源关闭,打开气液排放阀将釜体内压力排放,然后打开上釜盖,将内压管置于模拟岩心中,将按规范《油井水泥试验方法》(GB/T19139-2003)配制好的水泥浆倒入内压管与模拟岩心形成的环形空间内,加盖密封,重新打开加热带将温度设定为井下温度 T_1 ,打开外压泵加至实验所需围压 P_2 ,该围压模拟井下实际压力,在设定条件下养护 3d,使水泥浆形成水泥环,从而内压管、水泥环、人造泥饼、模拟岩心胶结成一个组合体;

[0021] (4) 打开内压泵通过内压进气口对内压管内部加压至实验所需压力 P_3 ,该压力模拟井下套管实际内压,待压力稳定之后,测试一界面、二界面的封固能力;

[0022] 打开一界面的控制阀,关闭二界面的控制阀,打开氮气源,模拟井下实际的气体压力,让气体通过一界面进气口进入一界面,一定时间后如果在观察锥形瓶处观察到有连续均匀气泡冒出,表示固井一界面已被窜通,此时从压力表与转子流量计读取的相应数据,表示固井一界面的最大封固能力值;

[0023] 关闭氮气源,打开气液排放阀排放压力后,打开二界面的控制阀,关闭一界面的控制阀,再打开氮气源,模拟井下实际的气体压力,让气体通过二界面进气口进入二界面,一定时间后如果在观察锥形瓶处观察到有连续均匀气泡冒出,表示固井二界面已被窜通,此时从压力表与转子流量计读取的相应数据,表示固井二界面的最大封固能力值。

[0024] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:(1)能利用该装置实现在真实工况下形成泥饼,而不脱离该装置。(2)能真实模拟井下温度(最高使用温度 200℃)、压力(最高使用 120MPa)或者任意温度、压力变化时固井一、二界面的封固能力,甚至包括油气井从钻井、开采、报废整个过程中实际工况对固井一、二界面的单独或综合应力作用的模拟。(3)利用“内压管-水泥环-人造泥饼-模拟岩心”组合体,实现了“环”状结构,改变了其它模拟装置测试中采用的“石”状或者不真实的结构,更加真实地反映固井一、二界面受力状态。(4)实验原理可靠,实验过程较为简单方便,对固井一、二界面封固能力评价更为精确。

附图说明

[0025] 图 1 是本发明高温高压固井一、二界面封固能力测试装置的结构示意图。

[0026] 图中:1-外压泵,2-内压泵,3、4、12、36、39-压力表,5-围压口,6-氮气进气口,7-内压进气口,8-一界面验气口,9-二界面验气口,10、11、34、35、38-控制阀,13-转子流量计,14-观察锥形瓶,15-计算机,16-上釜盖,17-凹型环堵头,18-外压力传感器,19-外电偶,20-内压力传感器,21-内电偶,22-加热带,23-釜体,24-围压套,25-下釜盖,26-模拟岩心,27-人造泥饼,28-水泥环,29-内压管,30-凸型环堵头,31-二界面进气口,32-一界面进气口,33-气液排放阀,37-氮气源。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图进一步说明本发明。

[0028] 参看图 1。

[0029] 高温高压固井一、二界面封固能力测试装置,主要由釜体 23、外压泵 1、内压泵 2、加热带 22、围压套 24、内压管 29、凸型环堵头 30、凹型环堵头 17、氮气源 37、转子流量计 13、观察锥形瓶 14、外压力传感器 18、外电偶 19、内压力传感器 20、内电偶 21、气液排放阀 33、计算机 15 组成。

[0030] 所述釜体 23 内部,由外向内依次置有围压套 24、模拟岩心 26、人造泥饼 27、水泥环 28、内压管 29,所述内压管连接内压力传感器 20、内电偶 21;所述釜体 23 外部,通过围压口 5 连接外压泵 1,还连接外压力传感器 18、外电偶 19 以及加热带 22。

[0031] 所述釜体 23 顶部的上釜盖 16 有凹型环堵头 17,凹型环堵头分布有氮气进气口 6、内压进气口 7、一界面验气口 8、二界面验气口 9;所述釜体 23 底部的下釜盖 25 有凸型环堵头 30,凸型环堵头分布有一界面进气口 32、二界面进气口 31、气液排放阀 33。

[0032] 所述釜体 23 内的水泥环 28 通过氮气进气口 6 连接氮气源 37,内压管 29 通过内压

进气口 7 连接内压泵 2, 内压管 29 和水泥环 28 形成的一界面通过一界面验气口 8, 水泥环 28 和人造泥饼 27 形成的二界面通过二界面验气口 9, 分别依次连接压力表 12、转子流量计 13 与观察锥形瓶 14。

[0033] 内压管 29 和水泥环 28 形成的一界面, 水泥环 28 和人造泥饼 27 形成的二界面分别通过一界面进气口 32、二界面进气口 31 连接氮气源 37。

[0034] 所述内压力传感器 20、内电偶 21, 外压力传感器 18、外电偶 19 均和计算机 15 相连。

[0035] 3、4、12、36、39 均为压力表, 分别是内压泵 2 与内压进气口 7 之间的压力表, 外压泵 1 与围压口 5 之间的压力表, 一界面验气口 8、二界面验气口 9 与转子流量计 13 之间的压力表, 一界面进气口 32、二界面进气口 31 与氮气源 37 之间的压力表, 氮气进气口 6 与氮气源 37 之间的压力表。

[0036] 10、11、34、35、38 均为控制阀, 分别是一界面验气口 8 与转子流量计 13 之间的控制阀, 二界面验气口 9 与转子流量计 13 之间的控制阀, 二界面进气口 31 与氮气源 37 之间的控制阀, 一界面进气口 32 与氮气源 37 之间的控制阀, 氮气进气口 6 与氮气源 37 之间的控制阀。

[0037] 利用上述装置进行高温高压固井一、二界面封固能力测试实验, 具体步骤如下:

[0038] (1) 将与地层渗透率和孔隙度相当的模拟岩心 26 套上围压套 24 置于釜体 23 内, 再在模拟岩心 26 内倒入钻井液, 进行搅拌后加盖密封;

[0039] (2) 通过加热带 22 加热釜体 23, 由外电偶 19 进行反馈控温, 将温度控制为井下温度 120℃, 再打开氮气源 37, 通过氮气进气口 6 向钻井液内注入压力 3.5MPa, 在该条件下养护 3d, 形成人造泥饼 27;

[0040] (3) 将加热带 22 关闭, 同时关闭氮气源 37, 通过气液排放阀 33 将釜体 23 内压力排放, 然后打开上釜盖 16, 将内压管 29 置于模拟岩心 26 中, 将配制好的水泥浆倒入内压管 29 与模拟岩心 26 形成的环形空间内, 加盖密封, 重新打开加热带 22 将温度设定为井下温度 120℃, 打开外压泵 1 加至实验所需围压 60MPa, 在设定条件下养护 3d, 使水泥浆形成水泥环 28, 与内压管 29、人造泥饼 27、模拟岩心 26 胶结成一个组合体;

[0041] (4) 然后打开内压泵 2 通过内压进气口 7 对内压管 29 内部加压至实验所需压力 65MPa, 待压力稳定之后, 测试一界面、二界面的封固能力:

[0042] 打开一界面的控制阀 10、35, 关闭二界面的控制阀 11、34 时, 打开氮气源 37, 控制气体压力 5MPa, 让气体通过一界面进气口 32 进入一界面, 一定时间在观察锥形瓶 14 处观察到有连续均匀气泡冒出, 说明一界面被窜通, 此时压力表读数为 2.5MPa, 转子流量计 13 读数为 280mL/min;

[0043] 关闭氮气源 37, 打开气液排放阀 33 排放压力后, 打开二界面的控制阀 11、34, 关闭一界面的控制阀时 10、35, 然后打开氮气源 37, 控制气体压力 5MPa, 让气体通过二界面进气口 31 进入二界面, 一定时间在观察锥形瓶 14 处观察到有连续均匀气泡冒出, 说明固井二界面已被窜通, 此时压力表读数为 3.5MPa, 转子流量计读数为 450mL/min。

[0044] 实验结束后, 将氮气源 37、外压泵 1、内压泵 2 关闭, 打开气液排放阀 33 将压力排放。

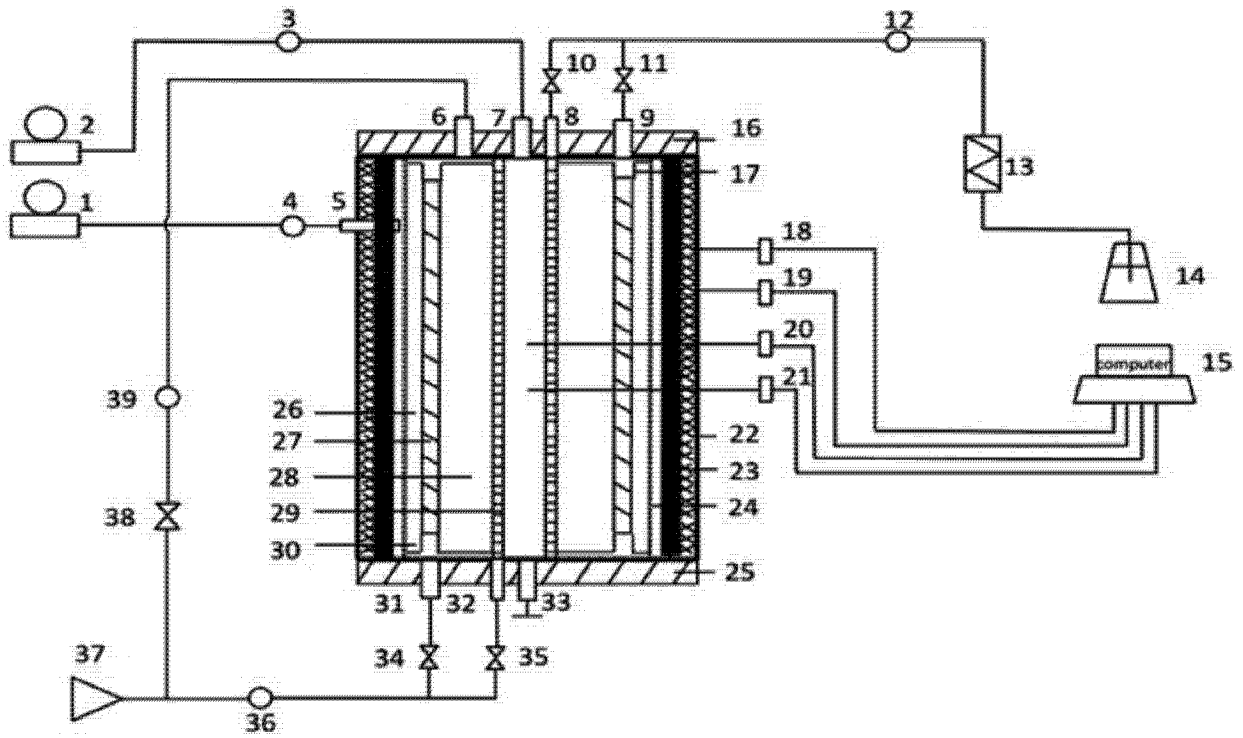


图 1