

DCX 固井模拟冲洗效率评价装置的研制

姜增东¹, 王广雷¹, 王万军², 岳 婷³, 卢士芬⁴

(1. 大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院, 黑龙江大庆 163413; 2. 大庆钻探工程公司钻技一公司, 黑龙江大庆 163358; 3. 大庆油田有限责任公司第四采油厂, 黑龙江大庆 163511; 4. 大庆钻探工程公司钻井二公司, 黑龙江大庆 163413)

摘 要:为了定量分析冲洗液对渗透性地层滤饼的冲洗作用规律, 研制了 DCX 固井模拟冲洗效率评价装置。该装置不仅可以模拟渗透性地层泥饼的形成过程, 还可以评价冲洗液在不同工况下对滤饼的冲洗效率。利用该装置测试了 2 种冲洗液对 2 种不同性能钻井液在不同条件下形成泥饼的冲洗效率。结果表明: 在不同因素影响下, 冲洗效率差异很大, 相差达到 5.56%~7.76%; 应根据试验数据进行综合分析评价, 优选出最佳的冲洗方案来保证第二界面的清洁。该冲洗评价装置可为分析冲洗液对第二界面的冲洗规律提供新的试验手段, 也可为提高第二界面的冲洗效率提供试验数据。

关键词:固井 冲洗液 冲洗效率 评价装置

中图分类号:TE252 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0890(2013)03-0127-03

Development of Cementing Evaluation Equipment DCX for Flushing Efficiency

Jiang Zengdong¹, Wang Guanglei¹, Wang Wanjun², Yue Ting³, Lu Shifen⁴

(1. Drilling Engineering Technology Research Institute, Daqing Drilling Engineering Company, Daqing, Heilongjiang, 163413, China; 2. No. 1 Drilling Technology Company, Daqing Drilling Engineering Company, Daqing, Heilongjiang, 163358, China; 3. No. 4 Oil Production Plant of Daqing Oilfield Company Limited, Daqing, Heilongjiang, 163511, China; 4. No. 2 Drilling Company, Daqing Drilling Engineering Company, Daqing Heilongjiang, 163413, China)

Abstract: The DCX cementing flushing evaluation simulator was developed to quantitatively analyze working mechanism of flushing fluid to filter cake at the permeable layers. The apparatus can not only simulate the cake forming process, but also simulate the flushing efficacy under the different operating conditions. With the device, a series of experiments were conducted to evaluate the flushing efficiency of two kinds of flushing fluids on cakes formed by two kinds of drilling fluids. The experimental results showed that: the flushing efficiency varied widely when influential factors changed, with the biggest disparity being 5.56%~7.76%. The best flushing program, which could ensure the cleanliness of annular interface, could be selected through comprehensive evaluation and data analysis. The apparatus offers a new means for analyzing the working mechanism of the flushing fluid and provides reliable experimental data for improving flushing efficiency.

Key words: well cementing; flushing spacer; flushing efficiency; evaluation equipment

提高井下环空冲洗效率, 能够为水泥环提供良好的胶结环境, 保证固井质量。目前, 国内外还没有形成统一的冲洗效率评价方法, 并且一些常用的冲洗效率评价方法还存在着很大的不足, 不能完全为现场固井施工提供合理有效的试验数据^[1]。国内外曾建立大型的模拟井筒对冲洗效率进行综合评价, 但由于操作复杂、保养维修困难、试验成本较高, 现已不常使用。而且, 许多相关的固井冲洗效率研究只关注对可流动钻井液的冲刷顶替, 却忽略了对井

壁上具有一定胶凝强度泥饼的冲洗, 因此第二界面没有被清洗干净, 影响了第二界面胶结质量。为了进一步明确冲洗液对渗透性地层泥饼的冲洗规律, 研制了 DCX 固井模拟冲洗效率评价装置(以下简称

收稿日期: 2012-09-11; 改回日期: 2013-04-26。

作者简介: 姜增东(1983—), 男, 黑龙江大庆人, 2006年毕业于大庆石油学院石油工程专业, 主要从事固井流体力学、固井前置液及特殊工艺井完井技术研究。

联系方式: (0459)4892341, wangguanglei@cnpc.com.cn。

模拟评价装置)。

1 模拟评价装置的研制思路

根据固井冲洗顶替的实际过程,研制小型冲洗模拟评价装置。该装置能模拟渗透性地层在不同井下条件下形成泥饼,并能模拟冲洗液在井下的流动状态,评价不同工况下冲洗液的冲洗效果。该装置要拆装方便,可以对形成泥饼前后模拟地层岩心质量和冲洗后模拟地层岩心质量进行实时监测,实现冲洗液对第二界面冲洗效率的定量评价。

2 模拟评价装置的结构及工作原理

2.1 装置的结构

模拟评价装置由密闭滤失系统、冲洗顶替循环系统组成,其中密闭滤失系统由岩心、耐温耐压釜体、保护钢壁、变径缓冲管道等组成,如图 1 所示。模拟地层岩心长 200 mm、高 20 mm,中间为直径 50 mm 的井眼。保护钢壁用来保护模拟地层岩心因受内压而引起开裂。变径缓冲管道起过渡作用,以确保冲洗液顶替到模拟岩心时保持流态稳定。耐温耐压釜体上部有加压口,可通过气瓶加压,以模拟钻井液在岩心处的滤失压差。

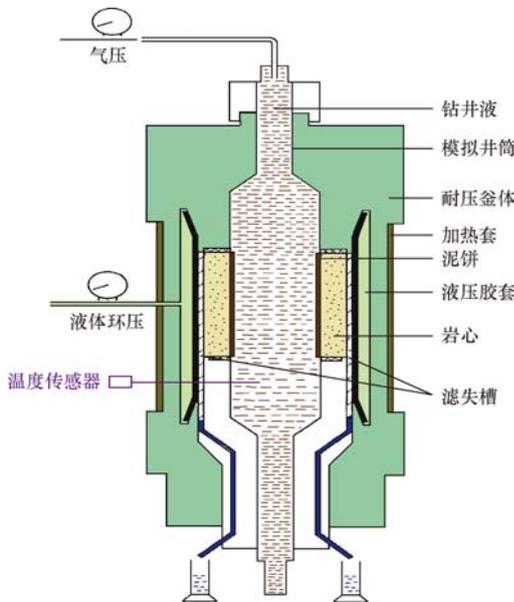


图 1 密闭滤失系统

Fig. 1 Schematic of sealed filtration system

冲洗顶替循环系统是在密闭滤失系统的基础上,增加了计量泵、离心泵、循环管道、水箱等组件,如图 2 所示。水箱内有设有加热装置,可以调节控

制试验温度。通过控制离心泵的排量模拟冲洗液的空环上返速度。

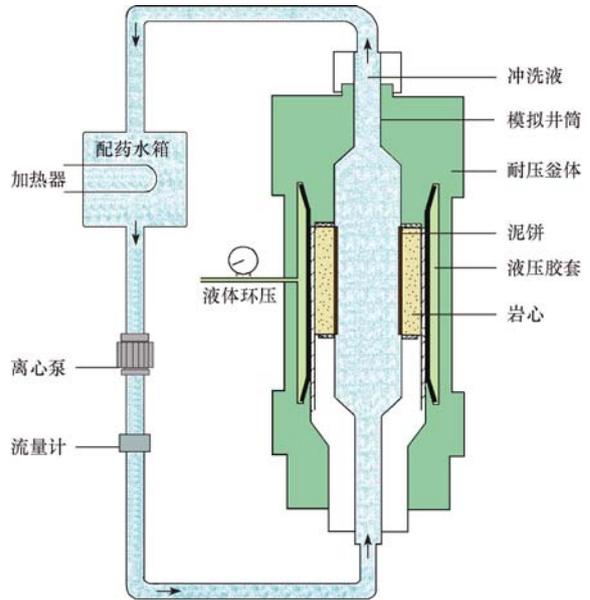


图 2 冲洗顶替循环系统

Fig. 2 Schematic of flushing and displacement system

2.2 工作原理

试验时将模拟地层岩心(地层水浸泡 2 h 并称其质量 m_i)置于评价装置的密闭滤失系统中,并加入钻井液,设定井下温度,通过耐温耐压釜体上部的加压口加压,以形成滤失压差,模拟钻井液在一定渗透率岩心中的滤失过程并形成一定厚度的泥饼;从密闭滤失系统中取出附有泥饼的模拟地层岩心,并称其质量 m_t ,然后将其放置于冲洗循环系统中,结合现场固井施工的水力参数,设定离心泵的排量,模拟不同环空上返速度冲洗附有泥饼的岩心,冲洗到一定时间(冲洗时间根据现场冲洗液与钻井液的接触时间来确定)后,从循环冲洗系统中取出模拟地层岩心并称其质量 m_f ;最后计算出冲洗效率 η 。 η 的计算式为:

$$\eta = \frac{m_t - m_f}{m_t - m_i} \times 100\% \quad (1)$$

式中: m_t 为附有泥饼岩心的质量, g; m_f 为冲洗后的岩心质量, g; m_i 为未附有泥饼的岩心质量, g。

3 冲洗效率评价试验

利用该冲洗模拟装置,评价了 2 种冲洗液对 2 种不同性能有机硅水基钻井液在不同渗透率模拟地层岩心上形成泥饼的冲洗效率,结果见表 3—6。评

价时模拟 1.0 和 1.5 m³/min 的排量,即环空返速 0.67 和 1.00 m/s;冲洗时间根据现场冲洗液与钻井液的接触时间确定为 4 min。

表 1 有机硅水基钻井液的性能

Table 1 Properties of water based silicone water based drilling fluid

钻井液	密度/ (kg · L ⁻¹)	黏度/ s	静切力/ Pa	滤失量/ mL	泥饼厚 度/mm	含砂, %	pH 值
1	1.05	57	4/11	2.0	1.0	0.3	9
2	1.30	60	3/15	2.2	1.8	0.5	10

表 2 冲洗液的流变性能

Table 2 Rheology of flushing fluid

冲洗液	密度/ (kg · L ⁻¹)	六速旋转黏度计的读数					
		φ600	φ300	φ200	φ100	φ6	φ3
1	1.35	43	23	16	12	6	6
2	1.35	98	70	56	39	14	12

表 3 冲洗液 1 对钻井液 1 形成泥饼的冲洗效率

Table 3 Flushing efficiency of No. 1 flushing fluid on No. 1 drilling fluid

岩心绝对 渗透率/mD	温度/ /°C	滤失压 差/MPa	养护 时间/h	冲洗 时间/h	冲洗效率, %	
					0.67 m/s	1.00 m/s
10	45	0.7	1	4	94.76	97.23
	93	0.7	1	4	91.25	95.16
100	45	0.7	1	4	90.18	92.85
	93	0.7	1	4	86.12	90.09

表 4 冲洗液 1 对钻井液 2 形成泥饼的冲洗效率

Table 4 Flushing efficiency of No. 1 flushing fluid on No. 2 drilling fluid

岩心绝对 渗透率/mD	温度/ °C	滤失压 差/MPa	养护 时间/h	冲洗 时间/h	冲洗效率, %	
					0.67 m/s	1.00 m/s
10	45	3.5	1	4	92.71	95.64
	93	3.5	1	4	92.31	94.19
100	45	3.5	1	4	87.96	90.98
	93	3.5	1	4	85.64	89.38

表 5 冲洗液 2 对钻井液 1 形成泥饼的冲洗效率

Table 5 Flushing efficiency of No. 2 flushing fluid on No. 1 drilling fluid

岩心绝对 渗透率/mD	温度/ /°C	滤失压 差/MPa	养护 时间/h	冲洗 时间/h	冲洗效率, %	
					0.67 m/s	1.00 m/s
10	45	0.7	1	4	92.29	95.48
	93	0.7	1	4	89.62	93.23
100	45	0.7	1	4	89.68	91.67
	93	0.7	1	4	85.98	88.94

从表 3—6 可以看出:

1) 冲洗效率在不同因素影响下差异很大,相差达到 5.56%~7.76%。因此,针对不同地层特性条件下形成的泥饼,应根据综合模拟评价结果,优选出适宜的冲洗液并配备合理的顶替方式,才能更有效

表 6 冲洗液 2 对钻井液 2 形成泥饼的冲洗效率

Table 6 Flushing efficiency of No. 2 flushing fluid on No. 2 drilling fluid

岩心绝对 渗透率/mD	温度/ /°C	滤失压 差/MPa	养护 时间/h	冲洗 时间/h	冲洗效率, %	
					0.67 m/s	1.00 m/s
10	45	3.5	1	4	92.19	94.64
	93	3.5	1	4	90.08	91.36
100	45	3.5	1	4	86.74	90.47
	93	3.5	1	4	85.09	88.62

地清洗第二界面,为水泥提供良好的胶结环境。

2) 在其他试验条件相同的情况下,岩心渗透率越大,冲洗效率越低,说明钻井液在渗透率较大的岩心上滤失后形成泥饼的附着力较大,不易冲洗掉。

3) 在其他试验条件相同的情况下,冲洗液 1 比冲洗液 2 的冲洗效率普遍要高,尤其在高环空返速条件下,冲洗液 1 的优势更加明显,说明处于紊流状态下的冲洗液在壁面处的扰动有利于对泥饼的冲刷。

4) 在其他试验条件相同的情况下,养护温度越高、滤失压差越大,滤失后形成泥饼的附着力越大,越不容易冲洗掉。

4 结 论

1) DCX 固井模拟冲洗效率评价装置不仅可以模拟渗透性地层泥饼的形成过程,还可以评价冲洗液在不同流动状态下对泥饼的冲洗效率,可为冲洗参数设计提供依据。

2) 在不同因素影响下冲洗效率差异很大。因此,应针对不同地层特性条件下形成的泥饼,根据综合模拟评价结果,优选出适宜的冲洗液,并配备合理的顶替方式,才能更加有效地清洗第二界面。

3) 冲洗评价试验不仅要关注第一界面的冲洗效果,还要通过试验手段来考察冲洗液对第二界面的冲洗效果,这样才能保证第一、二界面的清洁程度,提高水泥环的胶结质量。

参 考 文 献

References

- [1] 王广雷,吴迪,姜增东,等. 固井冲洗效率评价方法探讨[J]. 石油钻探技术,2011,39(2):77-80.
Wang Guanglei, Wu Di, Jiang Zengdong, et al. Discussion of evaluation method of cementing flushing efficiency[J]. Petroleum Drilling Techniques,2011,39(2): 77-80.

[编辑 刘文臣]