

东海大位移井井筒清洁技术研究

李艳飞*, 田继宏, 郭士生, 蔡斌, 葛俊瑞

中海石油(中国)有限公司上海分公司, 上海

收稿日期: 2022年12月9日; 录用日期: 2023年1月24日; 发布日期: 2023年1月30日

摘要

针对东海大位移井斜度大、稳斜井段长, 使用油基钻井液套管清洁困难的问题, 分析了在大位移井完井、测试作业中利于储层保护的高效井筒清洁技术。基于大位移井井筒清洁技术国内外进展, 结合东海地质特点、岩屑特点, 从油基钻井液清洗和岩屑清除两方面分析了大位移井井筒清洁技术难点及影响因素, 优选出了与东海地质情况配伍、利于储层保护的高效井筒清洁液, 深入分析清洁工具原理, 并优选了井筒清洁工具, 形成了大位移井井筒高效清洁作业流程, 对东海大位移井井筒清洁具有重要意义。

关键词

大位移井, 井筒清洁, 油基钻井液, 清洗液, 刮管洗井

Research on Wellbore Cleaning Technology of Large Displacement Wellbore in the East China Sea

Yanfei Li*, Jihong Tian, Shisheng Guo, Bin Cai, Junrui Ge

Shanghai Branch of China National Offshore Oil Corporation Limited, Shanghai

Received: Dec. 9th, 2022; accepted: Jan. 24th, 2023; published: Jan. 30th, 2023

Abstract

Aiming at the problems of large deviation and long deviation-stabilizing section of extended reach wells in the East China Sea and difficult casing cleaning with oil-based drilling fluid, the high-efficiency wellbore cleaning technology for reservoir protection in extended reach well completion and testing was investigated and studied. Based on the domestic and foreign research on the wellbore cleaning technology of extended reach wells, combined with the geological characteristics of the East China Sea and the characteristics of cuttings, the difficulties and influencing factors of wellbore

*第一作者。

cleaning technology of extended reach wells are analyzed from two aspects of oil-based drilling fluid cleaning and cuttings removal. The efficient wellbore cleaning fluid that is compatible with the geological conditions of the East China Sea and conducive to reservoir protection is optimized. The principle of cleaning tools is analyzed and the wellbore cleaning tools are optimized to obtain the efficient cleaning operation process of extended reach wells. It is of great significance to wellbore cleaning of extended reach wells in East China Sea.

Keywords

Large Displacement Wells, Wellbore Cleaning, Oil-Based Drilling Fluid, Cleaning Fluids, Scrapper Washing Well

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

东海大位移井斜度大、稳斜井段长，钻井过程使用油基钻井液增加了套管清洁难度，长大斜度稳斜井段使套管内岩屑堆积严重，为后续工作带来巨大挑战[1] [2] [3]。井眼清洁困难是大位移井作业中技术难点之一，由于其井斜大、稳斜段长、水平位移长等特点，环空内易形成岩屑床[4]，采用油基钻井液钻进，固井作业结束后，井筒内仍充满油基钻井液，由于油包水钻井液在套管壁上粘附一层油浆、油膜，随时间推移，这些含有钻屑的油基钻井液会牢牢粘附在套管内壁，若这些污物不清洗干净将直接影响射孔作业时的储层保护效果[5] [6]，井眼清洁状况不佳容易导致摩阻扭矩的大幅增加，并有可能引发工程事故[7]。为此，本文对大位移井井筒清洁技术进行国内外调研，对大位移井油基钻井液井筒清洁度技术难点及影响因素进行分析，得到大位移井井筒清洁机理；结合大位移井结构特点、井筒清洁液特性与东海大位移井地质特点对大位移井井筒清洁液进行优选，优选出与东海地质情况配伍，储层污染程度低的高效井筒清洁液；并开展大位移井清洁工具原理分析和优选井筒清洁工具，得到大位移井井筒高效清洁作业流程，形成一整套适用于东海的大位移井储层保护井筒高效清洁工艺技术。

2. 大位移井井筒清洁技术难点及影响因素分析

2.1. 油基钻井液清洗难点及影响因素分析

2.1.1. 油基钻井液清洗难点

采用油基钻井液完钻的井，固井作业结束后，井筒内仍充满油基钻井液，由于油基钻井液黏度高，附着能力强，油基钻井液会在套管壁上粘附一层油浆、油膜，随时间推移，油基钻井液在静置或低剪切速率小的情况下，形成高弹性类胶凝结构，这些含有钻屑的油基钻井液会牢牢粘附在套管内壁[8] [9]。国内油基钻井液的清洗液品种还较为单一，可选性差，且冲洗效果、抗温性及与油基钻井液相容性等性能尚有待完善，较多前置液的冲洗液与油基钻井液界面亲和程度低，相溶性差，虽然对油基钻井液有一定的清洗效果，但存在着一定的局限性，清洗效率等性能尚有待完善，造成了油基钻井液使井壁和套管清洗困难[10]。在油基钻井液体系特别是油包水乳化钻井液中，乳化剂和润湿剂的使用往往使井壁岩石表面变为亲油，水泥环难以与第二界面形成良好胶结[5]；国内外对水基钻井液滤饼的形成、破坏、整体固化机理进行了广泛研究，但对油基钻井液滤饼的形成机理、置换机理研究很少，认识不足，因此难以形成有效的针对性措施[11]。

2.1.2. 油基钻井液清洗液影响因素

清洗液对油包水钻井液具有强力渗透、增溶、乳化和螯合的复合效果，能在短时间内迅速有效地将附着在套管壁上的油浆、油膜洗净，使井壁及套管壁从“油湿”变成“水湿”状态，有利于井筒清洁。

1) 清洗剂浓度和清洗时间的影响

清洗剂浓度越大、清洗时间越长，则清洗率越高。卜继勇利用六速黏度计模拟井筒金属壁，考察了60℃下不同加量 PF-MOCLEAN 清洗液对油基钻井液的清洗效果，加量为8%和15%的PF-MOCLEAN 都有良好的清洗效果，加量为8%时效果好能将油基钻井液清洗干净，且更加节省[12]。任妍君考察了清洗剂浓度、清洗时间对清洗率的影响，如图1所示，清洗率与清洗剂浓度、清洗时间呈正相关，清洗剂浓度越大、清洗时间越长，则清洗率越高，在清洗时间达10 min时5%和7%的所选清洗液清洗率均接近于100% [13]。

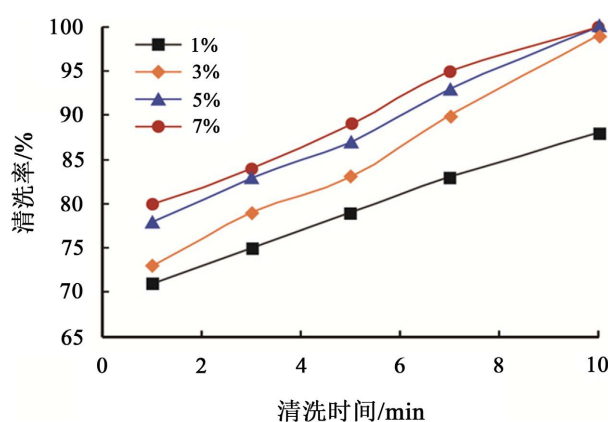


Figure 1. Effect of cleaning agent concentration and cleaning time on cleaning rate

图1. 清洗剂浓度及清洗时间对清洗率的影响

2) 无机盐的影响

无机盐会使清洗剂井筒清洁率降低。任妍君通过测试发现向清洗剂溶液中分别加入10%~20% NaCl、KCl后，清洗效率明显降低；即使初始温度75℃、清洗10 min时，清洗率也仅为52%~65% [14]。卜继勇考察了60℃下，含饱和KCl或30% NaCl的PF-MOCLEAN清洗液对油基钻井液清洗效果，与去离子水配制的PF-MOCLEAN清洗液相比，加入KCl或NaCl后，清洗7 min后并没有完全将油基钻井液清洗干净[12]。

3) 温度的影响

温度对清洗液清洗效果具有影响，卜继勇研究温度不同时，清洗液PF-MOCLEAN清洗油基钻井液污染的井筒效率发现，随着温度的升高，清洗液PF-MOCLEAN对油基钻井液的清洗效率逐渐升高，当温度达到60℃时，清洗效率达到最大值[13]。任妍君发现温度是影响清洗效果的重要因素，如图2所示，同一清洗时间内，初始温度越高清洗率越高，且清洗液从55℃、75℃及90℃开始降温，所得清洗率明显高于从40℃、20℃开始降温所得的清洗率，表明清洗剂的温敏特性对于清洗效果具有促进作用[13]。

2.2. 存在岩屑情况下井筒清洁影响因素分析

由于大位移井井斜角大，水平段长，井身结构导致在完钻后极易造成岩屑堆积，钻井结束后需要长时间循环洗井。若洗井不充分，井筒会残余大量岩屑，岩屑会影响完井过程中作业管柱下入、射孔作业等。

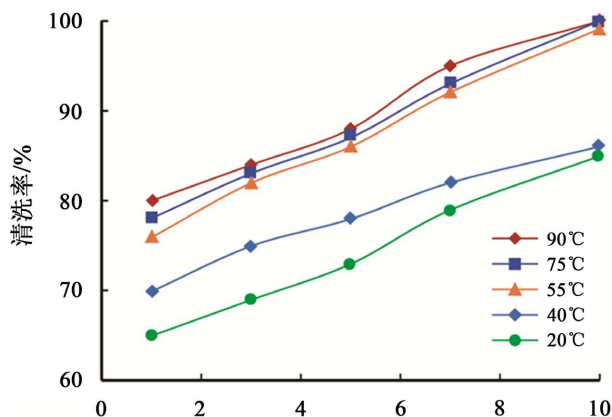


Figure 2. Effect of temperature of cleaning solution on cleaning rate

图 2. 清洗剂溶液的温度对清洗率的影响

1) 完井液密度

完井液密度是影响井眼净化效果的一个关键因素。在现场施工中，一般情况下，为了更好的净化井眼，提高完井液密度来循环洗井，因为随着完井液密度的提高，地层压力得到一定的平衡，一定程度上避免了地层剥落，提高井壁稳定性，提高上返完井液拖拽岩屑的能力和完井液静态时的岩屑悬浮能力，降低环空中的有害固相含量，完井液携岩屑回返能力提高，所形成的岩屑床高度越低，井眼净化效果越好[14]。

2) 完井液黏度

在大斜度井，完井液与岩屑、铁屑等的黏性耦合作用与完井液的黏度有关系，完井液黏度越大，完井液内部颗粒对岩屑的作用力也就越大，岩屑更容易跟随完井液被钻具扰动，从而被完井液携带出井筒[15]。

3) 完井液流型

钻完井液在井筒中流动具有三种形式：堵塞流、层流、紊流。紊流是由于混合流体的不规则流动产生的，在紊流中，可以对碎屑产生横向和纵向的推动，有利于井筒中碎屑的顺利上返，因此在井筒清洁作业中，要尽可能地创造紊流的流动环境[16]。

3. 大位移井井筒清洁液体优选

3.1. 井筒清洁液清洁机理

油基清洗液作用机理是从乳化增溶和润湿反转两个方面对油基清洗液进行了分子结构设计，使其达到良好的清洗效果，且在清洗液的加重方式选择上，选用粒径分布“细而窄”的高比重重晶石，同时解决黏度和沉降稳定性的问题，使其达到紊流冲刷的效果，进一步提高冲洗效果。作用机理主要包括在以下几个方面：1) 乳化增溶，油基清洗液通过亲油基定向吸附于排列在油基钻井液油相中，而亲水基伸向水相，通过乳化、分散、增溶等一系列物理及化学反应，使油基钻井液中的油相进入清洗液中；2) 渗透作用，油基清洗液具有较强的表面活性，易于分散，能够渗透到油基钻井液乳化剂的“膜”中，使其变脆弱而最终破裂，并不断向井壁深处渗透，再配合紊流冲刷使井壁泥饼剥离；3) 润湿反转，油基清洗液具有极强的润湿反转能力，能够使原来亲油的岩石转变为亲水性，从而使后续的水泥浆更容易与一二界面胶结；4) 紊流冲刷，油基清洗液在泵入井下时必须达到紊流状态，这要求油基清洗液应具有极低的黏度[17] [18]。

3.2. 大位移井井筒清洁液优选

3.2.1. 井位地质特点

CX-B7 井预计钻遇地层自上而下为：新生界第四系全~更新统东海群，新近系上新统三潭组、中新统柳浪组、玉泉组、龙井组，古近系渐新统花港组(未钻穿)。CX1 井岩样敏感性分析结果表明，水敏和碱敏程度较强，其次是速敏，应力敏感性和酸敏最弱，前期生产井均采用隐形酸完井液体系，应用效果比较好，CX-B7 井仍沿用隐形酸完井液体系。

3.2.2. 清洗液配方

参考类似地质条件的井筒清洁所使用清洗液配方，建议清洗液采用油基泥浆配套清洗液。

建议配方 1：海水 + 0.5% NaOH + 5.0% 清洗剂 + 1.5% 渗透剂 + 1.5% 清洗助剂。该体系属于水基乳液，与有机溶剂相比，具有安全性高、成本低的特点。乳液清洗液洗油是清洗液先将油性滤饼表面润湿反转的亲水性表面，把油从水润湿的表面顶替下来再进行乳化分散，在东海大位移井 HY1-1-A16 井取得过较好的应用效果。

建议配方 2：KCl 盐水(清洗柴油基钻井液时质量分数为 7%，清洗白油基钻井液时质量分数为 10%) + 4% AOT + 3% AEO5-13 + 6% 正丁醇。该清洗液是王成文为了高效清除井壁及套管壁上残留的油基钻井液、提高水泥环与环空界面胶结强度而研发，具有较强的增溶能力，能将冲洗下的油“包裹”在微乳液液滴之中，液滴粒径小，可避免因液滴粒径过大而产生乳液阻塞的现象[19]。

建议配方 3：海水 + 0.5% NaOH + 5.0% PF-HWA + 1.5% PF-HPT + 1.5% PF-HYQ。其中，PF-HWA 为清洗剂；PF-HPT 为渗透剂；PF-HYQ 为清洗助剂。该体系属水基乳液，与易挥发、易燃、有毒的有机溶剂相比，提高了使用的安全性，降低了成本。清洗液不仅对套管内壁上的油膜能产生较强的渗透清洗力，并且能防止洗掉的油污造成二次污染，具有较理想的清洗效果，清洗率在 90% 以上，在南海涠 12-1N 油田应用中取得过较好的应用效果[5]。

建议配方 4：过滤海水 + 0.8% NaOH、钻井水 + 3%~4% PF-MOCLEAN。该清洗液是李舜水在东海大位移井曾用过的配方，是专用的油基钻井液套管清洗剂，并配合隔离液，可增强杂质携带效果[20]。

3.3. 储层保护

根据对东海大位移井储层物性、敏感性分析和损害机理的研究，经过研究和优选，优选出几种适合东海大位移井的油基泥浆配套清洗液具有较好的储层保护效果，加入清洗液后，岩心渗透率恢复值提高，对储层的保护效果很好，可一定程度上减小完井液体系对储层的伤害。清洗液选择满足了储层保护的要求：不影响完井液良好的流变性和润滑性；完井液不与地层发生敏感反应，有效地阻止水敏损害；液相与油气层配伍性好，能有效地避免油层的水敏和碱敏作用。优选出的清洗液对储层岩心污染程度较小，具有良好的储层保护效果，曾经在多处油井实际应用效果较好，油气田开发中得到了广泛的应用，较好地解决了油基钻井液在井筒内的残余油问题，清洗率在 90% 以上，满足完井工程作业要求。在完井液中动态污染渗透率恢复好，其渗透率恢复值大，均在 90% 以上，有利于储层保护。

4. 大位移井的高效清洁工具组合优选与作业流程

4.1. 清洁工具组合评价

常规使用水基钻井液作业开发井，在完井作业时，刮管洗井管柱仅使用刮管器就能达成清洁井筒的目标。但对于使用油基钻井液的大位移井，仅使用刮管器，很难将井筒清洗干净，因此为保障井筒的清洁效果，需要使用高效的清洁工具[21]。该井现场应用套管刮管洗井管柱组合建议：该工具组合未加装机

械类减阻工具，如振动减阻工具、滚轮式减阻工具、防磨类工具、震击器等，若大位移井井筒中残余钻屑较多，可能会造成管柱下入摩阻过大等问题。建议在振动减阻工具、滚轮式减阻工具、防磨类工具、震击器中选择一种工具进行安装以确保安全高效下入作业管柱。

4.2. 大位移井套管清洁作业流程

根据东海钻井资料可知，东海大位移井需要清洁的套管主要有 9-5/8 in 和 7 in 两种型号。通过前期调研分析发现适用于大位移井的套管清洁作业方式主要有两种：一种是将 9-5/8 in 和 7 in 套管清洁工具组合在一趟管柱；另外一种是采用两趟管柱，第一趟管柱清洁上面的 9-5/8 in 套管，第二趟管柱清洁下面的 7 in 套管。“一趟清洁井筒”和“两趟清洁井筒”的核心区别是变径清洁工具的使用。变径套管清洁工具通过板簧的线性压缩，可以同时实现 9-5/8 in 套管与 7-5/8 in 或 7 in 套管的连续清洁作业，提高了整个完井阶段的作业效率。

4.3. 大位移井套管清洁工具

通过前期调研分析发现适用于大位移井的常用套管清洁作业工具主要有：可变径刮管器工具、真空吸尘系统、套管刷、旋转刮管器、强磁清洁器、多功能井筒过滤器、分流阀等。

可变径刮管器工具工作原理：变径套管清洁工具在下入过程中，在 9-5/8 in 套管内刮刀片紧贴套管内壁，在外界压力的作用下板簧片径向收缩，板簧两端在上螺旋扶正套与中部支撑套的导向作用下，发生轴向位移，使得板簧片径向不断受压而收缩，在压力增大到一定值时，板簧片收缩进入 7 in 套管，该工具可实现一趟同时清洁 9-5/8 in 和 7 in 套管[21] [22]，图 3 所示为变径套管清洁工具结构图。

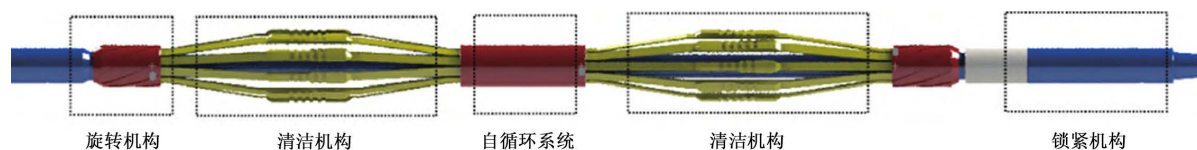


Figure 3. Structure diagram of variable diameter casing cleaning tool

图 3.1 变径套管清洁工具结构总图

真空吸尘系统工作原理：真空吸尘器依靠工具顶部驱动头的环空喷射流携带井底碎屑，经过单向分流管进入收集筒，克服环空返速低的不利因素[23]，图 4 所示为真空吸尘系统工作原理图。

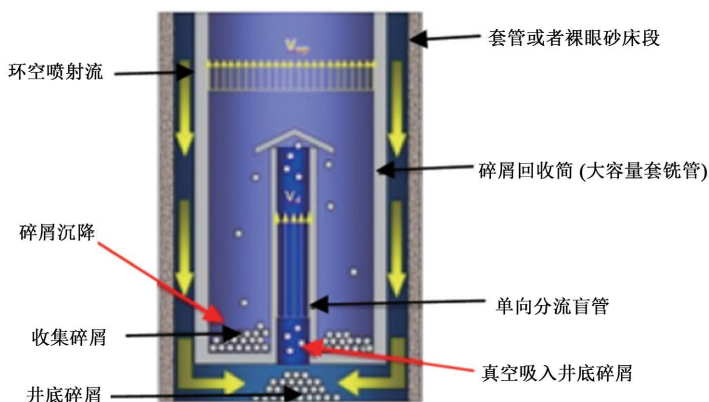


Figure 4. Working principle of vacuum cleaning system

图 4. 真空吸尘系统工作原理

套管刷，该工具具有心轴旋转，毛刷不动，同时增加环空返速和减少套管内部磨损；毛刷 360 度覆盖；非旋转稳定器，可防止旋转或钻进时磨损套管等特点。工作原理：可以刮刷清除套管内壁上的结垢、铁锈、残留泥浆和其它颗粒物等[24]，图 5 所示为套管刷结构图。



1: 上部接头; 2: 扶正块; 3: 毛刷; 4: 应急解卡套; 5: 下部接头。

Figure 5. Bushing brush

图 5. 套管刷

旋转刮管器工作原理：旋转刮管器主要用于清除套管内壁上泥饼、水泥环等固相堆积，通过芯轴旋转、刀片相对不转的方式，提高环空返速、避免套管磨损，复杂情况下上提破坏剪切环，也可以实现整体转动[25]。

强磁清洁器工作原理：对井下不能被循环液返出的污物进行回收，其中有磁性的碎物被吸附在磁环上，不能被吸住的将沉积在回收筒内被带出井[24]，图 6 所示为强磁清洁器结构图。

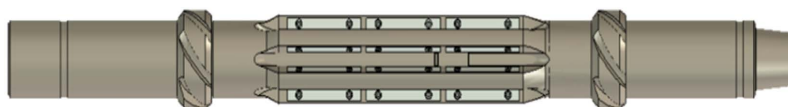
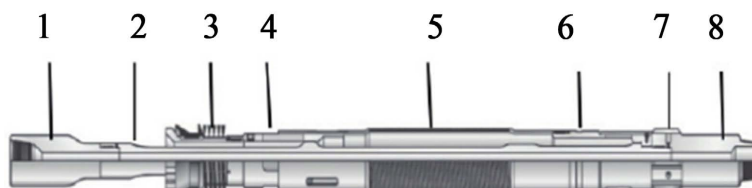


Figure 6. Strong magnetic cleaner

图 6. 强磁清洁器

多功能井筒过滤器工作原理：该工具通过专用毛刷和下部筛缝过滤器实现一趟下钻，起到同时刮管和收集碎屑的效果。当工具起钻时，毛刷清洁套管内壁，环空只有唯一的通道可以供井内流体通过。流体经过滤网，可以有效的回收井筒中的碎屑，达到一趟刮管、同时回收碎屑的效果[26]，图 7 所示为多功能过滤器结构图。



1: 上部接头; 2: 心轴; 3: 专用毛刷; 4: 旁通; 5: 下部筛网; 6: 碎屑收容筒; 7: 扶正块; 8: 下部接头。

Figure 7. Multifunctional filter

图 7. 多功能过滤器

分流阀旁通分流阀可以投放小球的方式实现阀门旁通孔的开启或关闭，当旁通孔开启时，钻杆内的钻井液通过该装置射向环空，通过提高环空流速，有效强化井眼清洁、清除岩屑，提高完井液替换效率[27]。

4.4. 大位移井高效清洁工具组合优选

4.4.1. 一趟管柱井筒清洁工具组合

结合每种套管清洁工具特点, 根据对井筒清洁度的要求程度可灵活配置高效清洁工具组合。推荐组合 1 为: 5-7/8" 钻杆 + 9-5/8" 多功能井筒过滤器 + 9-5/8" 强磁铁 + 5" 分流阀 + 7" 强磁铁 + 9-5/8" & 7" 套管可变径刮管器 + 牙轮钻头; 推荐组合 2 为: 5-7/8" 钻杆 + 9-5/8" 多功能井筒过滤器 + 9-5/8" 强磁铁 + 滚轮减阻短节 + 5" 分流阀 + 7" 强磁铁 + 9-5/8" & 7" 套管可变径刮管器 + 牙轮钻头; 推荐组合 3 为: 5-7/8" 钻杆 + 9-5/8" 多功能井筒过滤器 + 9-5/8" 强磁铁 + 液压震击器 + 5" 分流阀 + 7" 强磁铁 + 9-5/8" & 7" 套管可变径刮管器 + 牙轮钻头; 推荐组合 4 为: 5-7/8" 钻杆 + 9-5/8" 多功能井筒过滤器 + 9-5/8" 强磁铁 + 振动减阻工具 + 5" 分流阀 + 7" 强磁铁 + 9-5/8" & 7" 套管可变径刮管器 + 牙轮钻头; 推荐组合 5 为: 5-7/8" 钻杆 + 9-5/8" 多功能井筒过滤器 + 9-5/8" 强磁铁 + 5" 分流阀 + 7" 强磁铁 + 9-5/8" & 7" 套管可变径刮管器 + 真空吸尘系统 + 牙轮钻头。

4.4.2. 两趟管柱井筒清洁工具组合

两趟管柱井筒清洁工具是针对 9-5/8" 和 7" 套管分别下入管柱进行清洗, 先清洁 9-5/8" 套管, 再下入管柱清洁 7" 套管。1) 9-5/8 in 套管刮管管柱组合: 牙轮钻头 + 强磁铁 + 钻杆 + 9-5/8 in 旋转刮管器 + 9-5/8 in 强磁铁 + 9-5/8 in 多功能井筒过滤器 + 5-7/8" 钻杆。2) 7 in 套管刮管管柱组合: 牙轮钻头 + 真空吸尘系统 + 7 in 旋转刮管器 + 7 in 强磁铁 + 钻杆 + 7 in 分流阀 + 强磁铁 + 多功能井筒过滤器 + 钻杆。一趟管柱井筒清洁工具组合集合了可变径刮管器、多功能井筒过滤器、强磁铁、分流阀等工具的优点, 可实现套管一趟高效清洁, 建议选用一趟清井工具组合。

4.5. 推荐井筒清洁作业流程

推荐作业流程 1 为: 1) 下入刮管清洗井管柱时采用钻杆 + 多功能井筒过滤器 + 套管刷 + 强磁铁 + 刮管器 + 牙轮钻头的组合方式, 首先采用 30 m³ 搬土浆(如果平台钻井液池受限, 则也可不用) + 20 m³ 隔离液 + 海水组合, 循环出井筒中的油基钻井液并回收; 2) 利用 15 m³ 隔离液 + 20 m³ 油基钻井液套管清洗液 + 15 m³ 隔离液 + 海水洗井液组合, 将油基钻井液套管清洗液在环空上下顶替三遍; 3) 投球打开分流阀, 钻杆内投 1.75" 球, 小排量送球到位, 打开 5" 分流阀旁通, 若期间泵压下降, 则说明 5" 分流阀旁通打开; 4) 反循环清洗井筒直至工作液浊度连续 30 min 小于 30, 并在封隔器坐封位置上 100 m 下 50 m、原钻水泥塞位置、尾管挂顶部等关键位置重点清洗; 5) 停泵, 清洗地面循环系统; 6) 替完井液 + 固化水覆盖射孔段, 电缆泵送测试 + 起钻。

推荐流程 2 为: 1) 下钻至井底位置进行 LWD 预校深, 钻杆做标记; 2) 下钻至井底, 接顶驱, 海水顶替出井筒内油基泥浆并回收, 依次正替: 稠塞 5 m³ + 套管清洗液 10 m³ + 烧碱水 20 m³ + 稠塞 5 m³, 海水正循环洗井; 3) 进行负压测试, 井筒试压 4000 psi × 15 min, 正替完井液覆盖井底至 5760 m; 4) 投球打开分流阀, 钻杆内投 1.75" 球, 小排量送球到位, 控制排量小于 0.318 m³/min, 泵压 < 700 psi。小球入座后, 泵压上涨, 立即停泵, 缓慢开泵加压至 800 psi (稳压 2 min) 1000 psi (稳压 2 min), 1300 psi (稳压 2 min), 1600 psi (稳压 2 min), 1900 psi (稳压 2 min), 2200 psi (稳压 2 min), 每次加压不超过 500 psi, 打开 5" 分流阀旁通, 若期间泵压下降, 则说明 5" 分流阀旁通打开; 5) 替稠塞 10 m³ + 套管清洗液 25 m³ + 烧碱水 20 m³ + 稠塞 10 m³ 清洗套管井壁, 用海水及过滤海水大排量正循环洗井, 直至 NTU 值连续 30 min 小于 30, 停泵, 清洗地面循环系统; 6) 替完井液 + 固化水覆盖射孔段, 电缆泵送测试 + 起钻。

5. 结论

1) 东海大位移井预计钻遇地层自上而下为: 新生界第四系全~更新统东海群, 新近系上新统三潭组、

中新统柳浪组、玉泉组、龙井组, 古近系渐新统花港组(未钻穿), 根据东海大位移井使用油基钻井液特点, 分析出东海大位移井井筒清洁难点与主要影响因素。

2) 通过理论标准分析, 根据大位移井井筒清洁技术调研结果与东海大位移井地质条件, 给出满足油基钻井液井筒清洁要求的清洗液配方, 清洗液清洗效率高, 具有较好的清洗效果, 与完井液配伍性良好, 具有较好的储层保护能力。

3) 对东海大位移井原本洗井工具进行评价, 分析多种清洁工具原理, 优选出的清洁工具组合与作业流程适合东海大位移井, 刮管洗井高效安全, 对东海区块大位移井的井筒清洁作业具有重要意义。

参考文献

- [1] 左宏刚, 何福耀, 严维锋, 和鹏飞, 张子明. 超深大位移井井筒清洁技术及工程实践[J]. 石油化工应用, 2020, 39(2): 92-97.
- [2] 冯光通, 胥豪, 唐洪林, 杨春旭. 大位移井井眼清洁技术研究与实践——以胜利油田庄 129-1HF 井为例[J]. 石油地质与工程, 2014, 28(3): 96-99.
- [3] 刘胜. 大位移井井眼清洁技术在 PH-ZG1 井的应用[J]. 长江大学学报(自科版), 2018, 15(7): 58-61+8.
- [4] 杨元超, 谭才渊, 隋成龙, 聂光辉, 刘海龙. 浅析大位移井井眼清洁技术[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(14): 150-151.
- [5] 王荐, 岳前升, 吴彬, 舒福昌, 向兴金. 油基钻井液井筒清洗技术室内研究[J]. 海洋石油, 2008, 28(4): 73-76.
- [6] 初光友, 卜平, 王永生, 郑士权, 王荐, 吴彬. 油基钻井液井筒清洗液的研制及现场应用[J]. 化学与生物工程, 2012, 29(8): 79-80.
- [7] 王波, 王旭, 邢志谦, 苑宗领, 李士杰. 冀东油田人工端岛大位移井钻井完井技术[J]. 石油钻探技术, 2018, 46(4): 42-46.
- [8] 黄红玺, 张峰, 许明标, 崔洪波. 油包水乳液稳定性影响因素分析[J]. 断块油气田, 2009, 16(6): 99-101.
- [9] 欧红娟, 李明, 王崇榆, 汪垚, 陈林, 郭小阳. 油基钻井液固井前置液技术研究进展[J]. 精细石油化工进展, 2016, 17(2): 1-5+11.
- [10] 齐静, 李宝贵, 张新文, 李良兵, 马疆. 适用于油基钻井液的高效前置液的研究与应用[J]. 钻井液与完井液, 2008(3): 49-51+87.
- [11] 潘谊党. 抗高温高密度水基钻井液体系研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质大学(北京), 2020.
- [12] 卜继勇, 赵春花, 童坤, 孙德军. 微乳液油基钻井液清洗液的研制与应用[J]. 钻井液与完井液, 2018, 35(2): 68-72.
- [13] 任妍君, 李淼, 蒋其辉, 石静康, 易多. 温敏清洗剂原位乳化清洗油基钻井液室内研究[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2021, 43(4): 90-98.
- [14] 刘玉明, 管志川, 呼怀刚. 大位移井岩屑运移研究综述与展望[J]. 科学技术与工程, 2015, 15(28): 88-95+102.
- [15] 李世昌. 大斜度井的井眼清洁机理及影响因素分析[J]. 中国煤炭地质, 2020, 31(S1): 97-100.
- [16] 余涵, 刘全全. 井筒清洁“四合一”新理念工程应用分析[J]. 石化技术, 2018, 25(4): 293+286.
- [17] 李蕾. 油基钻井液滤饼清洗液室内研究[J]. 承德石油高等专科学校学报, 2020, 22(3): 10-14+31.
- [18] 游云武. 页岩气水平井油基清洗液性能评价及应用[J]. 长江大学学报(自科版), 2015, 12(19): 24-26+4.
- [19] 王成文, 孟仁洲, 肖泮峰. 微乳液型油基钻井液冲洗液技术[J]. 油田化学, 2017, 34(3): 422-427+443.
- [20] 李舜水, 唐鹏磊, 吴健. 东海大位移井完井技术研究与应用[J]. 海洋工程装备与技术, 2020, 7(1): 48-53.
- [21] 郝宙正, 邢洪宪, 李清涛, 张云驰, 李宏伟. 变径套管清洁工具在海上油田的应用与研究[J]. 石油机械, 2019, 47(1): 67-73+106.
- [22] 葛俊瑞, 李三喜, 李舜水, 邢洪宪. 可变径刮管器的评价及应用[J]. 石油工业技术监督, 2018, 34(12): 13-16.
- [23] 蔡斌, 葛俊瑞, 李艳飞, 李三喜. 东海超深大位移气井完井技术实践[J]. 海洋石油, 2019, 39(2): 96-101.
- [24] 郑伟, 姚振河. 先进的套管清刮工具串的引进研究与应用[J]. 石化技术, 2018, 25(12): 257+300.
- [25] 王玉山. 新型套管清洁工具研制[J]. 石化技术, 2016, 23(10): 251-252.

- [26] 亓彦铎. 多功能井筒清洁器在渤海油田分支水平井应用[J]. 石油矿场机械, 2020, 49(1): 68-71.
- [27] 王晓, 李清涛, 刘传刚, 刘景超, 邢洪宪, 王尧, 邓晗, 姚智翔. 可变径刮管器结构设计及测试[J]. 石油工业技术监督, 2022, 38(5): 25-29.