

伊拉克鲁迈拉油田优化固井技术

戴小毛

(大庆钻探工程公司钻井技术服务一公司,黑龙江 大庆 163400)

摘要:伊拉克鲁迈拉油田地层破裂压力低,技术套管固井易发生漏失,生产层页岩层发育导致井眼不规则,存在“大肚子”和井眼缩径、固井顶替效率低、固井质量难以保证的情况。为此在后期固井施工中,通过分析地层特性,从影响固井质量的几个关键因素出发,优化堵漏技术措施。利用固井设计软件,优化扶正器下放数量,通过室内试验优选抑制性加重钻井液,控制调节不稳定页岩层钻井液性能参数,将钻井液 API 失水量控制在 4 mL、密度 1.35 g/cm³,优化固井工艺措施,形成了一套适合该地区的综合固井技术。现场试验中,固井质量合格井段达到了 80% 以上,优于同区块其他队伍施工井段。

关键词:堵漏;固井;钻井液;扶正器;鲁迈拉油田

中图分类号:TE256 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2016)11-0045-03

Application of Optimized Cementing Technology in Rumaila Oil Field/DAI Xiao-mao (Drilling Technology Services Company of Daqing Oilfield Drilling Engineering Company, Daqing Heilongjiang 163400, China)

Abstract: Because of low fracturing pressure in Rumaila formation, leakage is easy to happen in the intermediate casing cementing procedure; the shale development in production layer leads to irregular chambering and shrunk holes; cementing displacement efficiency is low and it is difficult to guarantee cementing quality. In late well cementing construction, the formation characteristics are analyzed starting from several key factors that affect the cementing quality to optimize the technical measures of plugging and by cementing design software to optimize the number of casing centralizer; through indoor test, inhibited weighted drilling fluid is optimized to control and adjust the performance parameters of drilling fluid used in unstable shale layer, the API fluid loss is controlled at 4mL and density 1.35g/cm³. A set of comprehensive cementing technology is formed, the cementing qualified ratio reaches to more than 80% in field tests.

Key words: plugging; cementing; drilling fluid; casing centralizer; Rumaila oil field

0 引言

伊拉克鲁迈拉油田位于伊拉克南部城市巴士拉以西 50 km,是一个超巨型油田,油田占地面积 1800 km²,位居世界第六。2010 年大庆钻探工程公司开始伊拉克鲁迈拉油田大包施工,在固井施工中由于鲁迈拉地质条件复杂,井身结构自上而下存在 5 个异常压力地层(Dammam 层、Hartha、shuaiba 层为易漏层,Umm 层和 Tayarat 层为含硫水层),2 个易缩径卡钻地层(Mishrif 层和 Tanuma 层)属于典型的上下漏,中间喷,固井过程中既要考虑防漏,又要考虑压稳,密度窗口窄,施工难度大。2014 年 4 月以前^[1],大庆钻探在该区块完成 43 口井的作业,技术套管的固井平均漏失率为 74%,在南鲁迈拉达到 91%,固井质量合格井段比例仅为 50%。为提高固井质量,缩短事故处理时间我们主要从分析地层特性、控制和调整钻井液性能、改进钻井液隔离液体

系、优化水泥浆配方和固井工艺过程控制几个方面入手进行固井措施改进与现场试验。

1 难点分析

1.1 地质难点

在鲁迈拉油田固井施工中,主要存在 7 个复杂地层,其中 Umm、Dammam 和 Hartha 层位于技术套管施工井段。根据测井成像资料显示,Dammam 上部地层岩性较致密^[2],不易发生井漏,下部岩性较脆,孔洞发育,渗透性和连通性很好,存在大裂缝。同时由于该层为油气废水处理层,每天注入约 1 万桶的油气处理废水,致使 Dammam 层压力平衡被破坏^[3],存在压力异常。Hartha 层存在含硫水,钻进时漏失容易造成含硫水侵,对整个技术套管固井质量与安全影响尤为严重。三开主要有 Tanuma、Mishrif、Ahmadi、Maudud、Nahr - Umr 五个页岩含量比

较多的地层,在钻进过程中易发生剥落坍塌,导致井径扩大率偏大,通井卡钻和电测卡仪器频繁发生,固井前循环处理泥浆压力高,3000 psi (20.7 MPa) 的循环压力很常见。

1.2 施工难点

鲁迈拉区块目前开发的主力油层为 zubair 油层,采用 $8\frac{1}{2}$ in ($\varnothing 215.9$ mm) 钻头钻进,全井下 7 in ($\varnothing 177.8$ mm) 套管完井,水泥返高为 Tayarat 层位以上 150 m,封固长度为 2200 ~ 2700 m,采用双密度一次注水泥固井。因为环空间隙小,封固段长,水泥面顶和井底的温差大,致使水泥浆设计难度大,环空摩擦阻大,顶替压力高;同时由于定向井井斜和水平位移大,当套管居中度不够时,窄边的泥浆非常难于被顶替出去。

2 配套技术研究在现场试验

2.1 堵漏技术措施

在 Dammam 层钻进时易发生泥浆的大量漏失,需要采用打水水泥塞的方式来处理漏失。在最初施工的 40 多口井中^[4],严重漏失的井需要打十几个水泥塞才能堵漏成功,堵漏耗费了大量的钻井时间。根据这一现状,后续钻井施工时,根据漏失情况,在打堵漏水泥塞之前先协调地质监督,关闭施工井附近 500 m 范围内的注水井,提示钻井队安装好内防喷工具,做好井控检查工作,防止打水水泥塞过程中由于过大的动压力失衡而导致先漏后喷的严重事件发生。其次根据溶洞和裂缝^[5] 的尺寸进行泥浆堵漏材料的合理颗粒级配,确保堵漏材料吸水膨胀之后形成有效的桥堵和产生防止水泥浆快速流入地层的阻力。最后通过计算钻柱下入深度、顶替量和顶替排量,保证井筒内形成长度合理的水泥塞,提高堵漏效果。对 100 m 的漏失层段,采取逐级多点依次堵漏。现场堵漏试验 5 口井,除 Ru-413z 井外,其余的井基本上打 2 ~ 4 个水泥塞都能成功堵漏,鲁迈拉区块堵漏技术取得了大的突破和良好的效益。

2.2 扶正器设计

良好的套管居中度是保证固井质量的关键,在鲁迈拉油田技术套管固井时,由于采用的是钻头 $\varnothing 311.2$ mm \times 244.5 mm 套管的井身结构,技术套管环空较大。三开水泥封固段长,S 型定向井井斜和水平位移较大^[6],同时因为存在漏失层不能大排量顶替,当套管居中度不够时,固井质量极难保证。而

套管居中度又和扶正器下入数量和位置有关系^[7],为此在鲁迈拉固井施工中,通过收集起下钻过程中的施工参数,利用 landmark 软件校核出实际的套管内和裸眼段的摩擦系数,再按照最低 75% 居中度计算扶正器安放位置及数量,结合扶正器参数和井眼轨迹等相关联的数据进行下套管过程中的摩阻扭矩计算来指导下套管工作,最后通过对实际下套管过程的跟踪对校正的摩擦系数进行纠正^[8],通过多口井的统计分析找出符合鲁迈拉区块的经验参数,确定了定向井及直井段扶正器安放原则造斜段,降斜段每根两个弹性扶正器,稳斜段每根一个扶正器,套管居中度达到了 75% 以上。同时实践证明,技术套管井段下大量的扶正器不存在困难,而且固井质量有较大改观。

2.3 钻井液性能控制和调整

钻进过程中泥浆性能和钻进参数的控制是提高固井质量的优质井眼的先决条件,为此在固井施工时,再通过下套管前和固井前两个阶段的泥浆性能调整,保证泥浆失水和抑制页岩能力和钻屑悬浮能力($Y_p \geq 8$ Pa) 的情况下,降低钻井液的塑性粘度和屈服值^[9],以便于提高泥浆的顶替效率。针对 Zubair 地层的高渗透性,将泥浆 API 失水控制在 4 mL 内,避免了因为泥浆失水过大,造成泥饼质量差和堆积过厚而造成严重的缩径,以至于影响后期的顶替效率和造成顶替压力异常高的现象。针对 Tanuma、Mishrif、Ahmadi、Maudud、Nahr-Umr 这五个页岩含量高的地层,控制钻井液的密度在 1.25 g/cm³,控制失水、添加防止泥页岩水化的抑制剂(KCl),预防了由于静液柱压力不够造成地层坍塌和过大的失水造成页岩水化膨胀,造成缩径、坍塌复杂情况的发生(R551 井,环空的垮塌造成 $\varnothing 177.8$ mm 套管固井失败,造成套管内留 1700 m 水泥塞的严重事故)。

2.4 改进水泥浆配方与钻井、加重隔离液体系

在鲁迈拉三开固井,项目启动前期采用的是非页岩抑制性的化学钻井液,在 R507 井顶替过程中环空憋堵,经过分析总结,优选试验了抑制性钻井液。对原有钻井液进行了改良,使用了 8% BCS-010L + 3% ~ 5% KCl(BWOW) 的抑制性钻井液。为了进一步提高固井质量,我们加强了加重钻井隔离液的现场应用,经过反复的摸索,按照密度等级 1.1 倍关系,最终确定了密度 1.35 g/cm³ 的加重隔离液

体系,并成功应用10口井,固井质量大幅提高。

Ø177.8 mm 套管固井封固段长,水泥面顶和井底循环温度之间温差大。由于顶替压力高,顶替排量小,使得施工时间长。为了满足施工要求,就必须加大低密度领浆在井底循环温度下的稠化时间,而这样就有可能造成水泥面顶的低密度领浆长时间形成不了强度。为此我们加入了含有微硅的减轻材料^[10],保证了在满足井底循环温度下稠化时间要求的同时水泥面顶相对较低温度下强度的发展。为了提高小环隙下水泥环的质量,水泥浆体系中加入了纤维材料,增加了水泥环的韧性。针对 Zubair 地层高渗透性和 Tanuma、Mishrif、Ahmadi、Maudud、Nahr-Umr 地层页岩水化膨胀、剥落特性,严格控制水泥浆的 API 失水量 ≤ 30 mL,自由水 $\leq 1.5\%$ 的基础上尽量减小。为了提高顶替效率,在存在密度等级的情况下,合理设计泥浆^[11]、加重隔离液、低密度领浆和尾浆的环空压降等级从而提高顶替效率。为了保证候凝过程中防止地层流体侵入,我们采用了三级候凝的水泥浆柱结构,分别按照 Zubair 顶以上 100 m-TD, Zubair 顶以上 100 m-Mishrif 顶以上 100 m, Mishrif 顶以上 100 m-TOC 候凝时间间隔 1 h 的顺序依次候凝,从而保证压稳。在现场试验时,按照预定的施工方案和水泥浆配方,加强现场的质量控制。在施工之前,取用现场的水泥、固井水进行复核实验^[12];取用现场的泥浆,进行相容性和钻井实验^[13]。加强固井前的各个环节的检查,确保车辆、设备、材料准备等万无一失,并做好应急预案,保证固井施工连续、高效完成。

1.50 g/cm³低密度领浆 TOC(1300 m)深度温度下 48 h(48 h 声幅)抗压强度为 2000 psi(13.8 MPa)。

三级候凝水泥浆稠化时间见表 1。

表 1 三级候凝水泥浆稠化时间

密度/(g·cm ⁻³)	深度/m	实验温度/℃	稠化时间/min
1.50	1300~2124	80	330
1.90	2124~2943	80	300
1.90	2943~3380	80	240

3 取得的效果与结论

(1)采用优化配套固井技术措施后,现场试验

10口井,技术套管固井质量合格井段达到80%,比现场试验前提高了30%,得到了甲方的认可。

(2)优化堵漏打水泥塞措施后,逐级多点依次堵漏取得较好效果^[14],堵漏技术取得突破性进展,对于严重漏失的井,基本上打2~4个水泥塞就能成功堵漏。

(3)改良后的加重抑制性钻井液^[15],对提高固井质量具有重要意义。

参考文献:

- [1] 李晓琦.鲁迈拉油田易漏层固井技术研究与应用[J].钻井液与完井液,2015,32(5):54-57.
- [2] 邹大鹏,刘永贵,耿晓光,等.鲁迈拉油田防漏堵漏工艺技术[J].钻井液与完井液,2012,29(6):35-38.
- [3] 方立亭.伊拉克鲁迈拉油田岩性特征及钻井风险评价[J].西部探矿工程,2015,(5):156-159.
- [4] 王向阳.无固相KCl聚合物钻井液体系在伊拉克鲁迈拉油田的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(9):46-48.
- [5] 闫建文,李勇,张为民,等.中国石油与BP联合研究鲁迈拉油田的实践与感悟[J].石油科技论坛,2014,33(6):36-41.
- [6] 刘伟,陶谦,丁士东.页岩气水平井固井技术难点分析与对策[J].石油钻采工艺,2012,34(3):40-43.
- [7] 王建华,刘杰,张进.页岩气开发完井技术探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(10):1-5.
- [8] 孙莉,杨桂林,孙义春.伊拉克艾哈代布油田AD205H井钻井液技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(8):33-35,39.
- [9] 陈勇,杨伟平,冯杨.涪陵页岩气井长水平段漏失井固井技术应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(7):42-44.
- [10] 秦国宏,覃毅,尤凤堂,等.水泥浆失重对高压油气井固井质量的影响分析及工艺对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(3):33-36.
- [11] 于小龙,王涛,刘云,等.无氯低温早强剂及其在浅层水平井固井中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(4):55-58.
- [12] 嵇井明,杨远光,安新朝.固井水泥浆主要性能模糊评价方法研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(2):24-27.
- [13] 覃毅,吴永超,张玉平,等.文75X1井长裸眼长封固段小间隙小尾管固井实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(6):32-34.
- [14] 王乐顶,王长在,喻芬,等.固井冲洗液室内模拟评价方法研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(10):54-57.
- [15] 庞惠龙,韩辉.漏失地层沥青堵漏的工艺实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(6):1-5.