

充气钻井技术在油砂山油田的应用实践

郑 锋¹, 李 霖², 郝凤亮³, 柳 鹤¹, 王 磊⁴, 房 旭², 关 敬¹

(1.渤海钻探工程技术研究院,天津 300280; 2.渤海钻探第一钻井分公司,天津 300280; 3.渤海钻探钻井技术服务分公司,天津 300280; 4.中国石油集团钻井工程技术研究院,北京 100083)

摘要:柴达木盆地油砂山油田地质构造复杂,地层孔缝发育、压力系数低,常规泥浆钻井过程中漏失频繁、钻井周期长,严重制约了勘探开发效益。针对该地区钻井难点,进行了 4 口井充气钻井试验。试验结果表明,充气钻井能有效解决油砂山油田漏失地层钻井问题,并提高机械钻速,与常规泥浆钻井技术相比,平均节约堵漏时间 6.32 d,漏失量减少 54.5%,机械钻速提高 1.1 倍。试验的成功,对该区块优快钻井技术的研究和推广应用具有指导意义。

关键词:充气钻井;井漏;堵漏;机械钻速;油砂山油田

中图分类号:TE242 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)02-0018-04

Application Practice of Aerated Drilling Technology in Youshashan Oilfield/ZHENG Feng¹, LI Lin², XI Feng-liang³, LIU He¹, WANG Lei⁴, FANG Xu², GUAN Jing¹ (1.Engineering Technology Research Institute, Bohai Drilling Engineering Co., Ltd., Tianjin 300280, China; 2.No.1 Drilling Company, Bohai Drilling Engineering Co., Ltd., Tianjin 300280, China; 3.Drilling Technology Services Company, Bohai Drilling Engineering Co., Ltd., Tianjin 300280, China; 4.Drilling Engineering and Technology Research Institute, CNPC, Beijing 100083, China)

Abstract: Youshashan oilfield is located at Qaidam basin, the complex geological structure, formation cracks development, low pressure coefficients, frequent leakage and long drilling cycle have seriously restricted the exploration and development benefits in conventional mud drilling. In view of these difficulties, aerated drilling tests are carried out in 4 wells, the results show that the aerated drilling can effectively solve the drilling problems in the leakage formation of Youshashan oilfield and improve the POP; compared with conventional mud drilling technology, the average plugging time is reduced by 6.32 days, the leakage loss is reduced by 54.5% and the ROP is increased by 1.1 times. The success of the tests are of guiding significance for the research and application in optimized and fast drilling technology in this block.

Key words: aerated drilling; well leakage; plugging; ROP; Youshashan oilfield

青海油田油砂山构造属于柴达木盆地西部坳陷区茫崖坳陷亚区狮子沟—油砂山二级构造带,构造被一系列正断层及少数逆断层复杂化^[1],地层孔缝发育、压力系数低,常规泥浆钻井过程中漏失频繁,甚至发生恶性井漏,前期完钻的 60 口井中 13 口发生了井漏失返,平均堵漏周期 6.32 d,且常规泥浆钻井机械钻速低,严重影响了钻井周期。针对常规泥浆钻井技术在油砂山油田的不足,结合该区块钻井井壁稳定性强的特点,进行了 4 口井充气钻井试验。前期 3 口试验井治漏和提速效果明显,但采用的常规泥浆脉冲 MWD 进行随钻参数测量时效果不佳,影响了正常钻井施工,第 4 口试验井应用 EM-MWD 系统,取得良好效果。本文分析了充气钻井技术原理及其在油砂山油田的应用效果,对常规泥浆 MWD 测量困难的问题给出了解决方案并进行

实践,对该区块钻井施工具有重要借鉴意义。

1 充气钻井技术分析

1.1 工艺原理

充气钻井以常规泥浆或清水作为基液,将一定量的气体连续注入基液内,使其呈均匀气泡状分散于基液中,有效降低了钻井液密度,是一种特殊的欠平衡钻井技术^[2-3]。充气钻井技术适用于地层压力系数低,井壁稳定性强的地层,具有提高机械钻速、预防井漏和保护油气层的作用^[4-7]。

充气钻井工艺流程如图 1 所示,空气经空压机、增压机后形成高压气流,高压气流通过注气管线与钻井液一并从立管注入井下,将井下岩屑携出井口,钻井液返回循环罐。相比于常规钻井,充气钻井需要配备的专用设备包括:空压机、增压机、泄压阀及

收稿日期:2017-07-29; 修回日期:2017-10-11

基金项目:中石油渤海钻探工程公司重大科研项目“青海油田油砂山优快钻井技术研究”(编号:2017ZD16Y)

作者简介:郑锋,男,汉族,1987 年生,石油工程专业,主要从事钻井技术研究工作,天津市滨海新区大港油田兴胜道,zheng.on@163.com。

旋转控制头等(见图 2)。

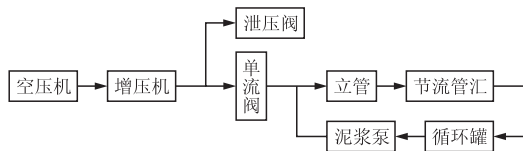


图 1 充气钻井工艺流程



空压机



增压机



泄压阀



旋转控制头

图 2 充气钻井现场设备

1.2 施工程序

1.2.1 试压与试运行

充气钻井设备安装完成后,需对设备、注气管线、阀门、旋转控制装置进行试压,试压合格后方可开钻。

1.2.2 钻进

按照设计气液排量试钻进,观察返砂、钻速、钻

盘扭矩等情况,如无异常,开始正常钻进。

1.2.3 接单根

每钻完一个单根,需要上下活动钻具,观察是否有阻卡现象,正常后方可起钻。起钻前停止注气,打开注气管线上的泄压阀卸掉管线压力,停泵,打开泥浆泵回水,立压降为零后开始接单根。

1.2.4 起钻

空气不具备悬浮岩屑能力,起钻前需进行充分循环,观察返屑含量明显降低后方可起钻。起钻前停止注气,将井内空气循环排放干净后开始起钻。

1.3 应急程序

1.3.1 井壁失稳

若出现井壁掉块,先循环观察,若继续有掉块,应加大注液量,直至转为常规钻井。

1.3.2 地层出油、气

如钻遇油气层,停止钻进,停止注气,先转为常规钻井程序,排出受侵钻井液。在条件允许的条件下,逐步恢复适合的气液比进行钻进。

1.4 充气钻井注气量计算

充气钻井中,需要根据井眼尺寸、钻井液密度及地层压力等因素,对注入气液排量进行计算,优选合适的气液比,以满足岩屑返出要求。依据编制的软件计算不同气液排量下环空压耗、井底 ECD 及立压,如油砂山 Y-1 井二开钻井时,井深 350 m,井眼直径 215.9 mm,钻井液密度 1.08 g/cm^3 ,钻井液排量 14 L/s 时,不同注气量的计算结果如图 3 所示。实际施工中,还需要考虑海拔、环境温度及湿度对设备排量的影响,把设备的实际排量折算成标况下的排量^[8]。

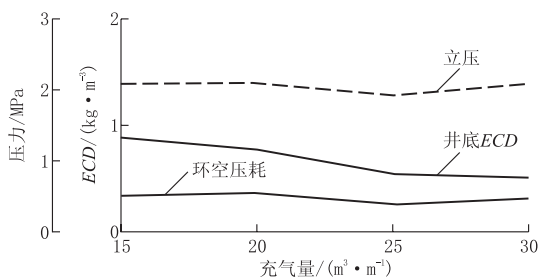


图 3 Y-1 井井深 350 m 充气量设计曲线

2 充气钻井试验

2.1 试验井概况

充气钻井在油砂山油田井漏区块已完成 4 口井的试验应用,前期 3 口试验井井深 405~452 m,采用泥浆脉冲 MWD 进行测量,试验井段均为二开井

段,施工参数如表1所示。

表1 充气钻井试验井段施工参数

井号	试验井段/m	钻井液排量/ (L·s ⁻¹)	空气排量/ (m ³ ·min ⁻¹)	钻压/ kN	转速/(r· min ⁻¹)
Y-1	89~405	14~20	16~30	20~40	50+螺杆
Y-2	69~447	7~20	20~40	20~30	60+螺杆
Y-3	64~452	7~20	30~60	10~20	50+螺杆

试验井段钻具组合:Ø215.9 mm 钻头+Ø172 mm(1.25°)单弯马达+Ø165 mm 浮阀+MWD 短节+Ø165 mm 无磁钻铤+Ø158.8 mm 钻铤+Ø127 mm 钻杆。

钻井液为两性离子聚合物体系,密度 1.08 g/cm³。

2.2 试验应用效果分析

2.2.1 充气钻井节约了堵漏时间

该区块 2016 年施工井平均井深 424 m,二开平均处理井漏时间 6.32 d。充气钻井试验井平均井深 434.7 m,应用充气钻井强钻漏层,无需在钻井过程处理井漏,大幅缩短了钻井周期,且有效避免了漏失引起的卡钻等井下复杂的发生。

2.2.2 充气钻井减少了漏失量

充气钻井以气液两相流体为循环介质,钻井过程地层所受液柱压力低,避免地层破裂微裂缝漏失,同时能减少断层或孔缝发育地层漏失量。试验区块二开常规钻井钻井液平均漏失量 1309 m³,试验井钻井液平均漏失量为 630.7 m³,减少了 51.8%(表 2)。

表2 充气钻井试验井二开漏失量

井号	井深/ m	充气钻进漏 失量/m ³	定向测量漏 失量/m ³	总漏失 量/m ³	平均漏失 量/m ³
Y-1	405	366	250	616	
Y-2	447	400	130	530	630.7
Y-3	452	436	310	746	

2.2.3 定向测量耗时长、漏失量大

泥浆脉冲 MWD 在充气钻进中无法实时采集有效数据,定向测量前需停止注气并灌液,为 MWD 传递信号提供条件,这就延长了充气钻井施工时间,增大了钻井液漏失量。由表 3 可见,试验井定向测量时间平均占总施工时间的 15.0%,定向测量漏失量占总漏失的 35.6%。

2.2.4 充气钻井机械钻速提高

试验井二开充气钻井平均机械钻速 43.31 m/h,相比于二开常规钻井平均机械钻速 21.4 m/h,机械钻速提高 1 倍,提速效果明显(表 4)。

表3 充气钻井试验井定向测量时间和漏失量

井号	井深/ m	定向测 量时 间/min	充气钻 井时 间/min	平均时 间占 比/%	定向测 量漏失 量/m ³	总漏 失量/ m ³	平均漏 失量占 比/%
Y-1	405	259	1090		250	616	
Y-2	447	108	1122	15.0	130	530	35.6
Y-3	452	185	1577		310	746	

表4 充气钻井试验井二开机械钻速

井号	试验井段/ m	进尺/ m	机械钻速/ (m·h ⁻¹)	平均机械钻速/ (m·h ⁻¹)
Y-1	89~405	316	37.89	
Y-2	69~447	378	56.02	43.31
Y-3	64~452	388	36.02	

其中,Y-1 井为第 1 口试验井,在井深 309 m 之前,采用 30~40 kN 钻压充气钻进,平均机械钻速 63.3 m/h,井深 309 m 之后,因定向仪器无信号,采用 10~20 kN 钻压吊打,机械钻速明显下降,平均机械钻速 28.8 m/h,最高机械钻速只有 37.7 m/h;Y-3 井充气钻进至 337 m,因测斜困难,为防止井斜增长,采取降低钻井液排量、轻压吊打的方式完成后续进尺,该段施工平均机械钻速 28.51 m/h。综合分析,若定向测量仪器正常发挥作用,试验井段平均机械钻速应更高。

3 EM-MWD 系统在充气钻井中的应用

3.1 EM-MWD 系统简介

泥浆脉冲 MWD 借助于钻井液压力脉冲或连续压力波传输信息,对钻井液的含砂量和含气量有严格要求,在充气钻井时,泥浆脉冲通道难以解决信息的有效传输问题^[9]。电磁波随钻测量系统(EM-MWD)通过井底仪器发射电磁波进入地层来传输井下数据,无需使用液相钻井液,适合充气钻井使用。

系统结构:电磁波随钻测量系统由井下和地面部分组成,井下部分包括电池单元、调制与发射电路、传感器总成和绝缘电极等(图 4)。地面部分包括地面接收机、接收天线、司钻显示器和信号处理与分析软件^[10-11]。

技术原理:井下测量仪器由绝缘短节分为两个电极,其中一个电极通过钻柱传导至井架基座,另一个电极是靠近井架一定距离的接收天线。井下传感器采集到的数据经转换、编码、压缩后,以电磁波的形式发射出去,电磁波经地层传输,由地表专用天线接收,监测专用天线和钻杆之间的电压即可获得有用

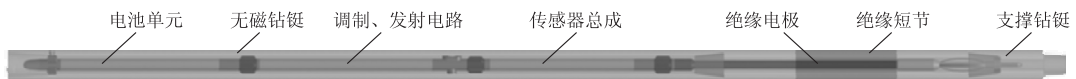


图 4 EM-MWD 井下系统

信号,信号经地面处理得到井下测量数据^[10-12]。

3.2 试验应用情况

Y-4 井为油砂山油田施工的一口二开直井,完钻井深 702 m,该井二开井段采用充气钻井,并试验应用 EM-MWD 系统代替常规泥浆脉冲 MWD。Y-4 井选用和前期 3 口试验井相同的钻具结构,试验井段 88~702 m,具体施工参数:钻井液排量 14~20 L/s,空气排量 30~60 m³/min,钻压 20~30 kN,转速 50+螺杆 r/min。

前期试验的 Y-1、Y-2、Y-3 井采用泥浆脉冲 MWD,3 口井平均定向测量耗时 184 min,占充气钻井施工总时间的 15%,平均漏失钻井液 230 m³。Y-4 井采用 EM-MWD 系统,接单根时即可采集井斜和方位数据,无需额外静止等待时间,保证了钻井施工的连续进行,避免了定向测量时泥浆漏失,该井定向测量的时间和漏失量均为 0。

Y-4 井充气钻井施工时间 634 min,施工过程中 EM-MWD 实时采集井下测量数据,数据传输稳定。为验证 EM-MWD 系统测量的准确性,将测量井斜、方位和完钻测斜数据进行了对比,如图 5 所示,试验中 EM-MWD 测量误差较小,数据准确可靠,能很好满足现场需求。

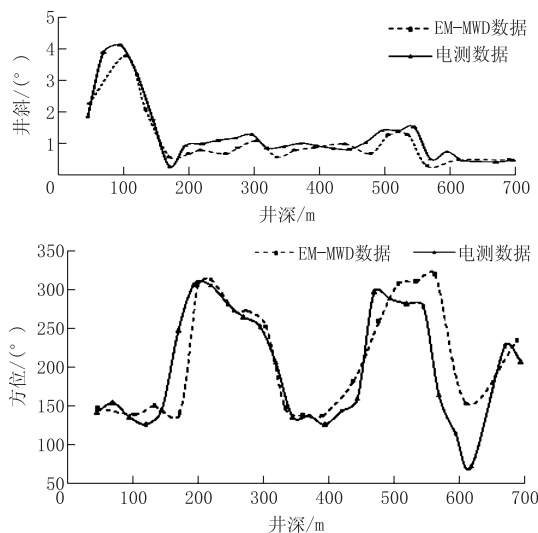


图 5 EM-MWD 测量井斜、方位与电测数据的对比

Y-4 井和前期 3 口试验井钻井施工参数相近,但井深明显增加,全井漏失钻井液 492 m³,机械钻

速 53.85 m/h,各项指标均表现优异。综合分析,充气钻井技术应用于油砂山油田,4 口试验井平均节约堵漏时间 6.32 d,平均漏失量减少 54.5%,机械钻速提高 1.1 倍。

4 结论

(1) 充气钻井应用于油砂山油田,节约了单井堵漏时间,平均钻井周期缩短 6.32 d,并能明显减小钻井液漏失量、大幅提高机械钻速,试验井平均钻井液漏失量减少 54.5%,机械钻速提高 1.1 倍。

(2) 泥浆脉冲 MWD 在充气钻井过程中,定向测量困难,耗时较长并大幅增加了钻井液漏失量;EM-MWD 系统能在充气钻井过程中实时传输稳定准确的井下测量信息,比泥浆脉冲 MWD 仪器具有明显应用优势。

(3) 充气钻井和 EM-MWD 技术的应用,可有效解决油砂山油田井漏区域钻井难题,为该区块优快钻井新技术的研究及推广应用积累了施工经验。

参考文献:

- [1] 曾力,汤军,廖春,等.柴达木盆地油砂山油田下油砂山组高分辨率层序地层分析[J].地质学刊,2014,38(4):542-549.
- [2] Chris Maranuk, Ali Rodriguez, Joe Trapasso et al. Unique System for Underbalanced Drilling Using Air in the Marcellus Shale[R].SPE 171024,2014.
- [3] 黄兵,古光平,陈贵军,等.充气钻井技术在罐 005-H2 井的应用[J].钻采工艺,2011,34(3):98-99.
- [4] 刘磊.欠平衡钻井适用地层及钻井效果影响因素分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(4):28-30,35.
- [5] 陈绍云,邢琛,孙妍.提高大庆气田气体钻井效率技术研究[J].石油钻采工艺,2014,36(1):22-25.
- [6] 李玉飞,孟英峰,聂政远,等.空气钻井提高钻速机理研究[J].石油钻探技术,2006,34(4):9-11.
- [7] 翁克胜,姜同升,韩银龙.充气泡沫泥浆治理长孔段漏涌地层施工工艺探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(3):21-26.
- [8] 杨毅,齐彬,马晓伟.气体钻井注气模型优选及设备优化配置分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7):53-56.
- [9] 张进双,赵小祥,刘修善.ZTS 电磁波随钻测量系统及其现场试验[J].钻采工艺,2005,28(3):25-27.
- [10] 王磊,李林,盛利民,等.DREMWD 电磁波随钻测量系统及现场试验[J].石油钻采工艺,2013,35(2):20-23.
- [11] 李林,弓志谦,王磊,等.扩展 EM-MWD 传输深度及提高可靠性的方法与对策[J].钻采工艺,2010,33(4):25-27,38.
- [12] 季锋.EM-MWD 信号在泡沫中透射机理及其应用研究[D].湖北武汉:中国地质大学,2007.