

低压裂缝性火山岩水平井提速难点及对策

陈业鹏

(中国石油化工股份有限公司东北油气分公司,吉林 长春 130062)

摘要:松南火山岩地层研磨性强、可钻性差,该区钻井施工机械钻速低、钻井周期长,且随着勘探开发的不断推进,火山岩裂缝性储层孔隙压力逐步降低,目前,开发井型主要以水平井为主,井漏问题突显,严重制约钻井提速。本文针对这一问题,从地质特点及钻井技术难点出发,结合近年来松南火山岩钻井技术的进展,对现有技术进行评价及优化,并通过现场应用结果,提出适合该地区后续钻井提速的措施及建议。

关键词:火山岩;水平井;井漏;井身结构优化;仪器工具改进;钻井提速

中图分类号:P634;TE242 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2020)05-0032-04

Difficulties in raising of horizontal drilling rates in low-pressure fractured volcanic rocks and solutions

CHEN Yepeng

(Northeast Oil and Gas Branch, SINOPEC, Changchun Jilin 130062, China)

Abstract: The Songnan volcanic rock stratum has strong abrasiveness and poor drillability, leading to low drilling rates and long drilling periods. With the continuous advancement of exploration and development, the pore pressure of volcanic fractured reservoirs decreases gradually. At present, the development well type is mainly horizontal wells, where drilling rates are restricted due to acute circulation loss. In view of this problem, this paper describes the geological characteristics and the drilling difficulty with evaluation and optimization of the existing technology in regard to the progress on drilling technology for the Songnan volcanic rock in recent years. The measures and recommendations are presented for increase of the drilling rate in subsequent drilling in the region on the basis of field application results.

Key words: volcanic rock; horizontal wells; lost circulation; well structure optimization; instrument improvement; increase the drilling rate

1 概况

近年来,松南气田火山岩储层开发井型全部为水平井,已完钻水平井井深均主要分布在 4000~5000 m 之间,且后续开发部署仍然以水平井为主。火山岩储层可钻性差,钻井提速难度大,加之油气不断开采后储层压力逐年降低,钻井漏失严重,钻井提速难度逐渐加大,完钻井平均机械钻速仅 2.94 m/h,钻井周期长达 155 d。因此,对制约该区水平井提速的难点进行分析和总结,采取适合的钻井技术措施,对该区钻井提速、加快勘探开发步伐具有重要意义。

2 钻井提速难点

2.1 地层可钻性差

松南气田纵向上主要钻遇地层为:第四系、泰康组、明水组、四方台组、嫩江组、姚家组、青山口组、泉头组、登娄库组及营城组。上部第四系一登娄库组为碎屑岩,其中泉头组和登娄库组地层可钻性级值最高,主要分布在 7~8 级;下部营城组火山岩地层可钻性达 10 级以上,是该区钻井提速的重难点井段^[1]。该区地层可钻性级值剖面如图 1 所示。

营城组火山岩地层可钻性极差,为了在该地层进行钻井提速,前期尝试过采用牙轮钻井、旋冲钻井

收稿日期:2019-06-20; 修回日期:2020-03-15 DOI:10.12143/j.tkgc.2020.05.006

作者简介:陈业鹏,男,汉族,1987 年生,助理研究员,石油工程专业,从事钻井工程方面的相关研究工作,吉林省长春市绿园区和平大街 660 号,chenyepeng1987@163.com。

引用格式:陈业鹏.低压裂缝性火山岩水平井提速难点及对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(5):32-35,45.

CHEN Yepeng. Difficulties in raising of horizontal drilling rates in low-pressure fractured volcanic rocks and solutions[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(5):32-35,45.

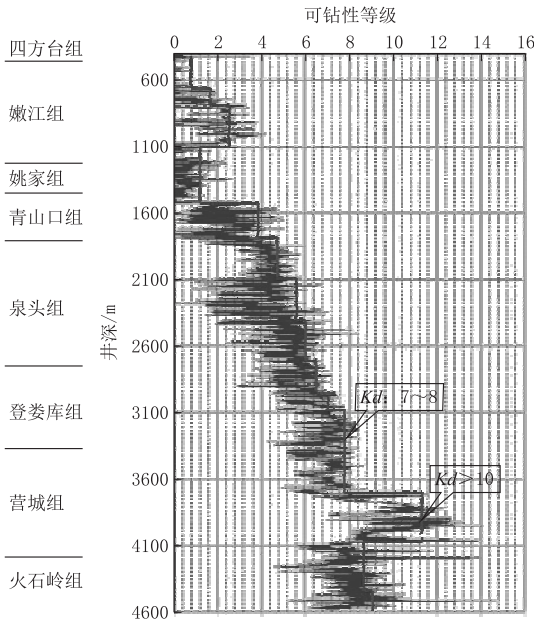


图 1 地层可钻性级值剖面图

Fig.1 Profile of formation drillability

孕镶钻头+涡轮钻井等多种提速技术,但提速效果均不理想(见表 1)。平均机械钻速均低于 1 m/h,平均钻头单只进尺均不足 50 m,应用孕镶钻头+涡轮虽然单次进尺略高于平均水平,但采用该技术钻井投资大幅度增加,在未取得实质性突破以前,该区营城组火山岩地层基本采用国产牙轮钻头钻进^[2]。

2.2 井壁稳定性差

上部碎屑岩地层粘土矿物含量高,钻井过程中粘土容易分散运移、水化膨胀,姚家组至登娄库组地层坍塌压力均达到 1.20 g/cm³ 以上,且下部营城组火山岩地层钻井周期长,上部地层长时间浸泡后易发生井壁失稳,引起钻具遇阻、卡钻等复杂情况^[3]。

2.3 低压裂缝性地层漏失严重

营城组火山岩储层原始压力系数为 1.12 左右,为常压系统;但开发过程中地层孔隙压力系数逐步降低,近年来已降低至 0.65~0.80,成为低压系统(见表 2)。

表 1 邻井腰深 7 井营城组火山岩钻井提速技术应用情况

Table 1 Application of drilling acceleration technology in Well Yaoshen - 7 adjacent to the test well over volcanic rocks in Yingcheng Formation

提速工具类型	型号	应用井段/m	总进尺/m	平均机械钻速/(m·h ⁻¹)	平均单只进尺/m
孕镶钻头+涡轮	HH676G89Y(钻头)	3235.55~3277.67	42.12	0.91	42.12
国产牙轮钻头	HJT6~系列	3348.89~3542.1	93.21	0.92	31.07
旋冲工具	YSC178	3557.2~3567,3589.92~3624.07	43.95	0.98	21.98

表 2 已完钻水平井地层压力测试情况统计

Table 2 Formation pressure test results of completed horizontal wells

井号	测试井段/m	压力系数
腰平 1	3597.2~4287.7	0.67
腰平 2	3653~4252	0.79
腰平 5	4203~4598	0.68
腰平 6	3635~4921	0.77
腰平 7	3758.51~4333.90	0.72
腰平 10	3780.14~4678	0.75,0.67
腰平 13	3900.51~4166.48	0.68

表 3 已完钻部分水平井井漏情况统计

Table 3 Circulation loss in some completed horizontal wells

井号	井深/m	层位	岩性	钻井液密度/(g·cm ⁻³)	漏失量/m ³	漏速/(m ³ ·h ⁻¹)
YP13	3930	营城组	凝灰岩	1.14	63.0	4~6
	4089.74		流纹岩	1.13	559.5	10~15
	4097~4109.28		流纹岩	1.08~1.09	1241.0	5~30
YP5	3626.81~4407.86	营城组	凝灰岩	1.08	1083.3	失返

该区火山岩储层裂缝发育,钻井过程中漏失风险大,勘探开发初期储层为常压系统时,钻井过程中虽然伴有井漏发生,但水基钻井液采用近平衡钻井的情况下,井漏容易得到控制;目前,地层压力降低以后,水基钻井液在保证正常钻进的前提下,最低密度控制在 1.08 g/cm³ 左右,高出地层孔隙压力系数 0.30 左右,实际钻井过程中为过平衡钻井,极易发生恶性漏失(见表 3)。

3 钻井提速技术对策

3.1 井身结构优化

该区水平井均采用三级井身结构:一开采用 Ø444.5 mm 钻头,下入 Ø339.7 mm 表层套管;二开采用 Ø311.2 mm 钻头,下入 Ø244.5 mm 技术套管;三开采用 Ø215.9 mm 钻头,下入 Ø139.7 mm 尾管并回接。前期钻井由于储层为常压系统,井漏情况并不突显,井身结构设计主要考虑钻井提速,将 Ø311.2 mm 井眼钻至泉头组底部或登娄库组上部,登娄库组与下部营城组火山岩至于同一开次,采用

Ø215.9 mm 钻头比 Ø311.2 mm 钻头有利于提高机械钻速。

但目前地层孔隙压力明显降低,裂缝性火山岩地层漏失严重,且随着国产 PDC 钻头的不断进步,地层可钻性级值为 7~8 级的登娄库组已经可以采用 PDC+螺杆进行钻井提速^[4],该区水平井井身结构优化方向应从提高机械钻速为主转为降低三开施工难度为主^[5],而登娄库组地层坍塌压力较高,易发生井壁失稳,与营城组至于同一开次不利于三开降低钻井液密度进行防漏。因此,本区水平井井身结构进行重新优化:一开与前期井身结构保持一致,二开采用 Ø311.2 mm 井眼钻穿登娄库组,进入营城组顶部,下入 Ø244.5 mm 技术套管封固登娄库组及上部易失稳地层,营城组火山岩地层单独置于三开,采用 Ø215.9 mm 井眼,下入 Ø139.7 mm 尾管并回接。

3.2 防漏堵漏技术

井身结构优化以后,三开钻井液性能主要考虑防漏,以尽可能低的钻井液密度进行钻进,降低井筒液柱压力与地层压力的差值,从压差方面做好防漏或降低漏失程度。

针对火山岩裂缝性地层,采用交联成膜堵漏技术^[6],优选强度高、耐浸泡的高强支撑剂、高效随钻封堵剂、裂缝复合堵漏剂等新型堵漏材料。高粘凝胶配方:水+1%~1.5%凝胶干粉+0.5%~2%稠度调节剂,堵漏浆密度 1.03~1.05 g/cm³,漏斗粘度 60~80 s,塑性粘度 23~27 mPa·s,动切力 Pa,在井下温度和压力作用下堵漏材料能够在裂缝内与岩石发生交联(见图 2),从而提高抗压差和抗反吐能力。配合憋压挤堵的堵漏工艺,使交联材料在漏失通道内逐步提高承压强度^[7](见图 3),构成的堵漏层既能抵抗井筒内钻井液向地层漏失,同时防止漏失通道内堵漏浆反吐回井筒,从而形成有效封堵。与前期采用的核桃壳、棉籽壳等常规桥接材料相比,提高封堵层的持久性,防止复漏。现场施工通过合理配置堵漏浆浓度,实现不同宽度裂缝的封堵^[8-9]。

3.3 工具仪器改进

水平井造斜段开始至完钻,需要采用随钻测量仪器,前期钻井过程中,需要堵漏时,为避免堵漏材料堵塞随钻测量仪器,通常起钻甩掉随钻测量仪器,单次堵漏需要增加起下钻 2 次,大约需要增加周期

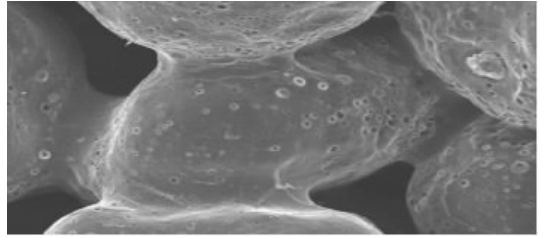


图 2 化学交联

Fig.2 Chemical crosslinking

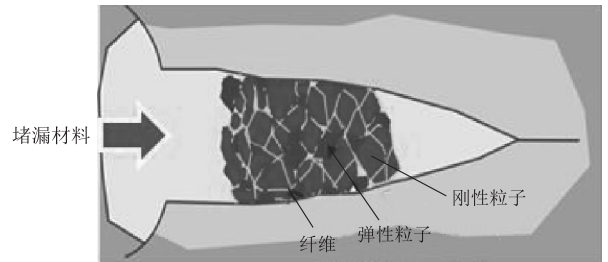


图 3 封堵裂缝模型

Fig.3 Crack plugging model

2 d。针对这一问题,与工具厂家进行联合攻关,改进随钻测量仪器的流道结构和仪器本体上的滤网孔,使之能够通过 4 mm 以下的堵漏剂,实现不起钻堵漏。

针对随钻堵漏的情况,对螺杆定子及转子剖面形状进行了改进,并采用高性能橡胶,转子增加镀铬的厚度,全密封式球柱式万向轴,提高了耐磨性能。

3.4 提速技术优选

松南气田营城组火山岩地层石英含量高、研磨性强、坚硬、致密,平均抗压强度达 350 MPa 以上^[10]。目前,国内外在单纯硬地层钻井提速方面尚缺乏针对性的特效技术,因此,该层位钻头选型方面应重点考虑破岩原理复杂、适应性广泛的牙轮钻头^[11],在前期牙轮钻头的基础上与钻头厂家合作,采取“金属密封、特别保径、掌背强化、主齿加宽”等一系列措施^[12],采用 GF150 高效牙轮钻头(见图 4),并配套螺杆钻具进行复合钻井^[13]。

应用高性能三瓣不对称长寿耐螺杆,球柱万向轴的工作表面特殊处理^[14],表面硬度、耐磨性、可靠性进一步提高,提高了耐磨性能^[15],能够通过 4 mm 堵漏剂。在传动轴总成内增加碟簧减震总成,可有效减小钻头、螺杆钻具的振动冲击,延长钻头使用时间,减少起下钻次数。

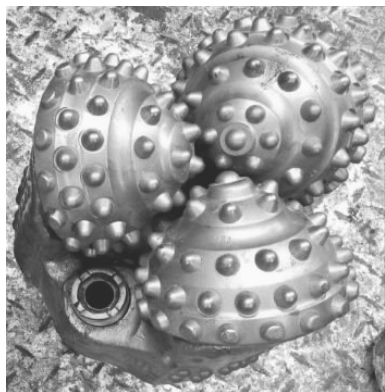


图 4 GFi50 牙轮钻头
Fig.4 GFi50 roller bit

4 现场应用效果

腰平 16 井为部署于松南气田的一口水平井, 井深 4878 m, 预测该井上部碎屑岩地层井壁稳定性差, 目的层营城组可钻性极差且为低压裂缝性储层, 在腰平 16 井现场采用优化后的井身结构, 三开至完钻过程中钻井液密度可控制在 1.08 g/cm^3 左右, 有效降低了漏失程度; 使用交联成膜堵漏技术后, 堵漏成功率达到 100%, 且未出现复漏情况; 配套改造后的随钻测量仪器, 实现了不起钻堵漏, 节约大量起下钻时间, 且未出现堵漏材料堵塞仪器的情况; 应用具有广谱性的高效牙轮钻头, 配套高性能螺杆进行复合钻井, 整体机械钻速得以提高。

腰平 16 井采用优化后的新技术, 与近 5 年 6 口邻井相比, 在完钻井深增加 400 m 以上, 水平段长度延长 300 m 以上的条件下, 全井机械钻速提高 28.8%, 钻井周期缩短 5.4%, 钻井技术指标大幅度提高(见表 4)。

表 4 采用新技术后钻井技术指标对比
Table 4 Comparison of drilling results before and after adopting new technology

井号	完钻井深/m	水平段长度/m	全井机械钻速/ $(\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$	钻井周期/d	备注
近 5 年 6 口邻井(平均值)	4449.5	624	4.75	104.29	采用原技术
腰平 16	4878	974	6.12	98.71	采用新技术

5 结论和建议

(1) 优化后的井身结构, 能够有效降低三开施工难度, 为营城组火山岩防漏及钻井提速提供了保障。建议今后该区块井身结构优化方向从提高机械钻速为主向有利于防漏堵漏方向转变。

(2) 采用交联成膜堵漏技术能够有效地对营城组火山岩裂缝进行封堵, 配套改进后的工具仪器实现不起钻堵漏, 大幅度节约了堵漏时间, 建议该区后续水平井钻进继续采用。

(3) 本区火山岩储层钻井速度低的主要原因为地层坚硬致密, 对于单纯因地层坚硬而导致的机械钻速慢的情况, 建议钻头类型选取时优先考虑适应性广泛的牙轮钻头, 并同时结合工程地质条件探索配伍性好的孕镶钻头进行提速。

参考文献(References):

- [1] 巢贵业. 松南地区火山岩水平井优快钻井技术[J]. 石油钻探技术, 2013, 41(6): 62-67.
CHAO Guiye. Optimized horizontal well drilling technologies for volcanic formations in Songnan Area[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2013, 41(6): 62-67.
- [2] 穆国臣, 陈晓峰, 王雪. 松南地区深井钻井提速难点与对策[J]. 石油钻探技术, 2011, 39(6): 19-22.
MU Guochen, CHEN Xiaofeng, WANG Xue. Difficulties and applied technical strategy in deep well drilling in Songnan Area[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2011, 39(6): 19-22.
- [3] 周祥林, 张麒麟, 惠正文, 等. 查干凹陷火山岩与泥岩地层安全钻井影响因素分析[J]. 断块油气田, 2013, 20(6): 813-816.
ZHOU Xianglin, ZHANG Qilin, HUI Zhengwen, et al. Influence factor analysis of safe drilling for volcanic rock and mudstone formation in Chagan Depression[J]. Fault-Block Oil and Gas Field, 2013, 20(6): 813-816.
- [4] 官华, 李国华, 邓胜聪, 等. 大庆油田火山岩砾岩水平井钻井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(8): 19-22.
GONG Hua, LI Guohua, DENG Shengcong, et al. Horizontal well drilling technology in volcanic rock and conglomerate in Daqing Oilfield[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012, 39(8): 19-22.
- [5] 朱忠喜, 李思豪, 关志刚, 等. 红 153 井区井身结构优化设计及应用[J]. 钻采工艺, 2018, 41(6): 114-117.
ZHU Zhongxi, LI Sihao, GUAN Zhigang, et al. Optimization of casing program planning for H153 Pad and application[J]. Drilling & Production Technology, 2018, 41(6): 114-117.
- [6] 王广财, 雍富华, 朱夫立, 等. 致密油藏长段水平井防漏堵漏技术[J]. 油田化学, 2018, 35(4): 587-591.
WANG Guangcai, YONG Fuhua, ZHU Fuli, et al. Leakage prevention and plugging technology of long section horizontal well in tight oil reservoirs[J]. Oilfield Chemistry, 2018, 35(4): 587-591.
- [7] 黎凌, 李巍, 欧阳伟. 遇水快速膨胀凝胶堵漏技术在长宁页岩气区块的应用[J]. 钻井液与完井液, 2019, 36(2): 181-188.
LI Ling, LI Wei, OUYANG Wei. Application of a fast-swelling gel lost circulation material in shale gas drilling in Block Changning[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2019, 36(2): 181-188.