

涪陵江东区块三维水平井优快钻井技术

——以焦页 91 平台为例

窦玉玲, 唐志军, 徐云龙, 席镜阳

(胜利石油工程有限公司钻井工艺研究院, 山东 东营 257017)

摘要:涪陵二期建产区地质构造比一期更加复杂,目的层埋深更深,水平段倾角变化较大,这些客观因素造成钻井施工困难,钻井周期普遍延长。焦页 91 平台是部署在二期江东区块西南部的边缘井,地质条件复杂,钻井工程施工难度大。本文深入分析了该平台的第 1 口井焦页 91-2HF 井施工过程中遇到的复杂情况以及造成钻井周期长的主要原因,在后续 2 口井的施工过程中,针对第 1 口井出现的问题,采取改进堵漏措施,钻头、螺杆优选,优化井眼轨道,配套提速工具,提高钻井液性能,使用旋转导向工具等技术措施,精细施工,取得了良好的效果,钻头行程和机械钻速大幅提升,钻井周期大大缩短,为涪陵二期江东区块钻井施工提供了经验。

关键词:涪陵页岩气田;焦页 91 平台;页岩气钻井;水平井;优快钻井

中图分类号:P634;TE243 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2019)02-0055-05

Fast drilling technology of three dimensional horizontal wells in Fuling Jiangdong block

DOU Yuling, TANG Zhijun, XU Yunlong, XI Jingyang

(Shengli Drilling Technology Research Institute, Dongying Shandong 257017, China)

Abstract: In the second-stage of Fuling gas field development, the geological structure is more complex than that in the first-stage, with the deep buried depth of the target layer and the varying dip angle over the horizontal section. These objective factors make drilling difficult and the drilling duration is generally extended. Jiaoye 91 platform is located in the southwest edge of Jiangdong Block, where the geological conditions are complex, and drilling is difficult. In this paper, the complex situation encountered in the drilling process of the first well JY91-2HF in the platform is analyzed, and the main reasons for the long drilling duration are analyzed. During the construction of the following two wells, technical measures, such as improving leak plugging measures, optimizing bits and PDM, optimizing the borehole trajectory, matching downhole tools, improving drilling fluid performances and using rotary steering tools, were adopted. Fine construction has been carried out to solve the problems of the first well, and good results have been achieved. The bit run and ROP have been greatly improved, and the drilling duration has been greatly shortened, providing the construction experience for drilling in the area.

Key words: Fuling shale gas field; Jiaoye 91 platform; shale gas drilling; horizontal well; fast drilling

0 引言

涪陵页岩气田主体地处重庆市涪陵区境内,属山地卡斯特地貌,地面海拔 300~1000 m。一期焦石坝区块,二期主要包括江东、白涛、平桥、白马等区块。相比一期区块,二期区块地质构造更加复杂,钻

井过程中出现了许多新的难题。上部地层漏失严重,直井段防斜打直以及同台井防碰,地层可钻性变差,目的层垂深更深,地震资料误差大着陆困难,水平段地层倾角大而且变化频繁,轨迹控制难度大,综上所述因素导致全井机械钻速低,钻井周期长。焦页 91

收稿日期:2018-06-04; **修回日期:**2018-12-06 **DOI:**10.12143/j.tkgc.2019.02.010

作者简介:窦玉玲,女,汉族,高级工程师,油气井工程专业,硕士,主要从事钻井新技术研究和钻井设计工作,山东省东营市北一路 827 号钻井工艺研究院设计所,douyl5.ossil@sinopec.com。

引用格式:窦玉玲,唐志军,徐云龙,等.涪陵江东区块三维水平井优快钻井技术——以焦页 91 平台为例[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(2):55-59.

DOU Yuling, TANG Zhijun, XU Yunlong, et al. Fast drilling technology of three dimensional horizontal wells in Fuling Jiangdong block[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(2):55-59.

平台部署在涪陵二期江东区块边缘,构造位置位于川东高陡褶皱带万县复向斜焦石坝背斜带乌江1号断背斜,钻探目的是进一步评价江东区块西南部单井产能,新建江东区块西南部上奥陶统五峰组一下志留统龙马溪组页岩气产能。

1 江东区块地质特点

江东区块建设以来的钻探情况统计表明,地质构造更加复杂,与一期区块存在较大差异,主要体现在以下几个方面^[1-2]:

(1)上部地层造斜能力强,易偏向一个方向。

(2)茅口组—龙潭组地层研磨性强,可钻性差;栖霞组—小河坝组,夹层多,钻头易崩齿,井眼扩大率小,扭矩大。

(3)江东区块处于构造斜坡带速度横向变化较大,局部存在井震矛盾,目的层埋藏深,地层设计与实钻可能存在差异,着陆困难。

(4)水平段地层倾角大,并且变化频繁。

(5)五峰组地层存在破碎带。

2 江东区块钻井难点分析

2.1 井漏频繁发生

井漏是涪陵页岩气一期开发中常遇到的钻井难题^[3-4],同时也是二期开发中的钻井难题。焦页91-2HF井导管2井深260 m,漏水不漏砂,阻卡严重,共漏失膨润土浆332.75 m³,漏失堵漏浆1453.95 m³,漏失清水6787.7 m³,先后4次采用桥浆堵漏无效情况下,采用水泥浆堵漏依然不成功,导致施工周期比设计周期滞后11 d。

2.2 二开龙潭组、茅口组地层可钻性差

江东区块页岩气海相地层古老,胶结致密、岩石硬度高,地层薄层互层多、岩性交替,跳钻严重,钻头受到的冲击作用强;特别是长兴组—茅口组研磨强,PDC钻头失效快,易崩齿,牙轮钻头寿命短,钻井时效低。龙马溪组浊积砂体研磨性强,PDC钻头适应性差,机械钻速低^[5-8]。

2.3 井震矛盾突出,地层判断不清,三开施工难度大

地震剖面显示水平段走向平缓,实钻水平段地层倾角变化大,造成轨迹调整频繁,钻进后期摩阻扭矩大,定向易托压甚至卡钻。三开在水平段穿行时,地质导向对地层倾角变化趋势难以把握,无法做到

提前定向,导致经常以高造斜率来定向追层,轨迹调整指令下发频繁,平均每口井调整轨迹30次左右,使得轨迹波浪前进,施工愈发困难,导致三开施工周期普遍较长^[9-12]。

2.4 五峰组井壁不稳定

页岩气储层的层理及微裂缝发育,泥质含量高,水化膨胀应力强,揭开储层后钻井液滤液进入其层理间隙,水敏性会使页岩内部的粘土矿物遇水膨胀,形成新的孔隙或膨胀压力,削弱围岩结构力,导致井眼周围的应力场变化及井壁的稳定性变差、井壁失稳。二开小河坝组的泥岩地层和龙马溪上部的页岩地层被钻开后,经水基钻井液长时间浸泡,极易出现失稳垮塌、起下钻困难及卡钻等井下故障^[13-15]。

3 焦页91-2HF井施工分析

焦页91平台是涪陵二期部署在江东区块边缘的一个钻井平台,共部署5口井,目前已完钻3口井。焦页91-2HF井是第1口井,钻井周期超出了设计周期,通过总结经验教训,优选井下工具,优化技术措施,后期完成的焦页91-4HF井、焦页91-3HF井机械钻速大幅提高,施工周期大幅缩短。

3.1 焦页91-2HF井施工周期与设计周期对比(见表1)

3.2 超周期原因分析

焦页91-2HF井是该平台的第1口井,由于该区块施工经验不足,在生产衔接、钻头优选、工具配套、钻井液不落地、清水供应、轨迹优化等方面出现问题,导致施工周期比设计周期延后64.71 d。具体分析如下。

(1)第一层导管钻进0.77 d,导管中完2.44 d,较设计延误了1.21 d,滞后的主要原因是中完时间超出设计1.44 d。

(2)第二层导管钻进10.98 d,导管中完6.02 d,本开次较设计延误了11.00 d,施工周期延误的主要原因有:

①机械钻速不高,设计机械钻速为5.00 m/h,实际平均机械钻速为4.04 m/h。

②钻进至60.00 m发现漏失,随着井深增加漏速逐渐增大,钻至井深211.00 m开始发生失返性漏失。因为地层特性,该井段漏液不漏砂,导致钻井施工阻卡严重,先后4次采用桥浆堵漏无效情况下,采用水泥浆堵漏依然不成功。清水强钻至井深260.00 m,

表 1 施工周期与设计周期对比

Table 1 Comparison of construction periods and design periods

序号	井眼/ mm	井段/m		施工内容	设计天数/d		实际天数/d		增减情况/ d	累计滞后/ d
		设计	实际		作业	累计	作业	累计		
1	914.4	0~40	0~40	导眼 1 钻进	1	1	0.77	0.77	-0.23	-0.23
				中完	1	2	2.44	3.21	+1.44	+1.21
2	609.6	40~350	40~260	导眼 2 钻进	4	6	10.98	14.19	-6.98	+8.19
				中完作业	2	8	6.02	20.21	+4.02	+12.21
3	406.1	350~1202	260~1202	一开钻进	8	16	7.79	28.00	-0.21	+12.00
				一开中完	4	20	6.02	34.02	+2.02	+14.02
4	311.2	1202~3542	1202~3555	二开直井段	13	33	14.58	48.60	+1.58	+15.60
				二开斜井段	10	43	22.58	71.18	+12.58	+28.18
5	215.9	3542~5540	3555~3836	中完	7	50	15.96	87.14	+8.96	+37.14
				三开造斜段	5	55	7.30	94.44	+2.30	+39.44
				水平段	14	69	30.11	124.55	+14.47	+53.91
				完井作业	13	82	22.16	146.71	+9.16	+64.71

提前中完,堵漏施工耗时 7.16 d。

③固井多次反挤水泥浆导致候凝时间延长。固井于 2017 年 2 月 6 日 18:40 正注固井完,正注水泥浆 25 m³ 不见返浆。候凝至 2 月 7 日 0:00,0:00~0:20 井口反挤水泥浆 14 m³,不见返浆;2 月 8 日 17:30~18:00 反挤水泥浆 17 m³,水泥浆最终返至地面。导眼第二层固井时由于地层恶性漏失,需要进行多次环空反挤水泥浆,导致候凝时间延长。

(3)二开钻进 37.16 d,中完作业 15.96 d,本开次较设计延误了 23.12 d,施工周期延误的主要原因有:

①机械钻速不高,设计机械钻速为 7.00 m/h,实际平均机械钻速 4.53 m/h。

②由于钻头、螺杆等井下工具原因,频繁起下钻,共用 9 趟钻完成,钻井时效低。

③二开中完至三开准备期间钻井液不落地处理水基钻井液严重滞后,由于药品不到位,中途停工 3 d,井队无法下钻替浆进行油基钻井液转换,钻井液不落地处理能力不足,耽误时间 6.33 d。

(4)三开钻进 37.41 d,中完作业 22.16 d,本开次较设计延误了 27.57 d,施工周期延误的主要原因有:

①该井是一口评价井,目的层地层倾角与设计不符,入靶后井眼轨迹调整幅度大,水平段滑动钻进尺多,水平段 1690 m 中滑动钻进尺 431 m,复合钻进尺 1259 m,滑动钻占比 34%,严重制约了钻进时效。

②机械钻速不高,设计机械钻速为 10.00 m/h,实际平均机械钻速 5.58 m/h。

③由于螺杆、近钻头伽马无信号等原因,共用 5 趟钻完成,钻井时效低。

④电测不顺利,共“下枪”3 趟,对接 12 次未成功。

4 优快钻井技术在后续井的应用

针对焦页 91-2HF 井的经验教训,在后续的焦页 91-3HF 井、焦页 91-4HF 井施工过程中采取了一系列的优快技术措施,取得了良好的效果。

4.1 优快技术措施

(1)导管 1 采用 GQ-15 型工程钻机预埋,节约钻井周期 3.21 d,同时节约了钻井成本。

(2)导管 2 针对雷口坡组的漏失问题,如发现漏失,继续钻进 20 m 左右,然后静止堵漏,如果失返,清水抢钻。中完固井采取“正注反挤”的措施,反挤时适当加大水泥量,争取一次反挤到井口。

(3)一开优选钻头与螺杆,提高行程进尺及机械钻速,下入 MWD 随钻监控井眼轨迹,防止与同台井打碰。改进供水泵及加粗供水管线,保证清水供应。

(4)二开提速技术措施:

①针对钻遇地层,优选钻头及螺杆,焦页 91-3HF 井二开用 7 趟钻完成,平均机械钻速 7.34 m/h,比焦页 91-2HF 井提高 62.03%。由于龙潭组一茅口组地层研磨性强,第一趟钻钻进到龙潭组上部机械钻速变慢时,起钻更换牙轮钻头,钻穿茅口组后,再更换 PDC 钻头。

②进一步优化井眼轨道,充分考虑地层倾角,在小井斜时调整方位到位,增斜段下入 1.5°单弯,提

高造斜率,减少滑动钻进进尺,从而提高二开大井眼定向效率。

③优化钻井液性能,保证润滑性和携岩能力,提高钻井时效。

(5)三开提速技术措施:

①三开优选钻头及螺杆,浊积砂井段采用混合钻头及大度数单弯螺杆(1.5°),提高钻进浊积砂井段的钻井时效。同时预防目的层垂深上提,满足高

造斜率追层需要。

②焦页 91-3HF 井钻穿浊积砂后,采用旋转导向施工三开造斜段和水平段,一趟钻进尺 1775 m,平均机械钻速 8.83 m/h,纯钻时效 68.8%。

③进一步优化油基钻井液性能,保证润滑性和携岩能力,保证了井下安全,提高了钻井时效。

4.2 实施效果(表 2)

表 2 后续 2 口井钻完井周期统计

Table 2 Summary of completion periods of next two wells

井号	导管 1		导管 2		一开		二开		三开		全井钻井 周期/ d	全井完井 周期/ d	全井平均 机械钻速/ ($m \cdot h^{-1}$)
	钻进/ d	中完/ d	钻进/ d	中完/ d	钻进/ d	中完/ d	钻进/ d	中完/ d	钻进/ d	完井/ d			
焦页 91-2HF	0.96	2.25	10.980	6.020	7.79	6.02	37.16	15.96	37.41	22.16	124.55	146.71	5.69
焦页 91-4HF	预埋	预埋	4.730	4.350	3.58	8.84	33.63	9.81	37.71	15.10	102.65	117.75	6.23
焦页 91-3HF			2.625	5.475	4.71	4.69	28.67	11.46	20.77	13.29	78.40	91.69	7.88

通过一系列的优化技术措施,焦页 91-4HF 井比焦页 91-2HF 井钻井周期节约 21.9 d,完井周期节约 28.96 d,全井平均机械钻速提高 9.49%。焦页 91-3HF 井在三开使用旋转导向一趟钻情况下,机械钻速大幅提升,钻井周期大幅缩短,比焦页 91-2HF 井钻井周期节约 46.15 d,完井周期节约 55.02 d,全井平均机械钻速提高 38.49%。

5 结论及建议

(1)针对上部地层雷口坡组、嘉陵江组的漏失,在渗漏的情况下,采取静止堵漏方案,在失返的情况下保障清水供应,采用清水强钻。

(2)二开井段优选钻头及螺杆,提高钻头单趟行程及机械钻速,从而提高钻井时效。龙潭组—茅口组采用牙轮钻头,钻进至茅口组 150 m 后,起钻换 PDC 钻头。

(3)从一开开始下入 MWD 随钻监控井眼轨迹,防斜打直,防止与同台井打碰。

(4)二开定向段优化轨道在小井斜情况下进行扭方位作业,同时更换大度数单弯螺杆,提高造斜率,减少滑动钻进进尺,提高定向效率。

(5)对三开水平段,在综合经济性评价的前提下,可考虑使用旋转导向一趟钻钻完水平段。

参考文献(References):

[1] 文涛,王伟,唐俊.涪陵页岩气水平井定向技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(7):49-51.

WEN Tao, WANG Wei, TANG Jun. Directional technology of shale gas horizontal wells in Fuling area[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016,43(7): 49-51.

[2] 王振兴,叶应贵,廖如刚,等.页岩气水平井快速地质导向技术研究[J].江汉石油职工大学学报,2017,30(2):1-4.

WANG Zhenxing, YE Yinggui, LIAO Rugang, et al. Research on fast geosteering technology of shale gas horizontal wells[J]. Journal of Jiangnan Petroleum University of Staff and Workers, 2017,30(2):1-4.

[3] 陈星星.涪陵页岩气田防漏堵漏技术应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(3):11-14.

CHEN Xingxing. Application research on lost circulation prevention and plugging in Fuling shale gas field[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015,42(3):11-14.

[4] 臧艳彬,白彬珍,李新芝,等.四川盆地及周缘页岩气水平井钻井面临的挑战与技术对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(5):20-24.

ZANG Yanbin, BAI Binzhen, LI Xinzhi, et al. Challenges of shale gas horizontal well drilling in Sichuan Basin and its vicinity and the technical counter measures[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(5): 20-24.

[5] 陶现林,徐泓,张莲,等.涪陵页岩气水平井钻井提速技术[J].天然气技术与经济,2017,11(2):31-35.

TAO Xianlin, XU Hong, ZHANG Lian, et al. ROP improvement technologies for shale gas horizontal wells in Fuling[J]. Natural Gas Technology and Economy, 2017,11(2):31-35.

[6] 刘虎,段华,沈彬亮,等.焦石坝地区海相页岩气水平井优快钻井技术[J].西部探矿工程,2016,(6):59-61.

LIU Hu, DUAN Hua, SHEN Binliang, et al. Optimum and fast drilling technology for marine shale gas horizontal wells in Jiaoshiba area[J]. West-China Exploration Engineering, 2016, (6):59-61.

- [7] 杨海平.涪陵平桥与江东区块页岩气水平井优快钻井技术[J].石油钻探技术,2018,46(3):13-19.
YANG Haiping. Optimized and fast drilling technology for horizontal shale gas wells in Pingqiao and Jiangdong blocks of Fuling area[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2018,46(3):13-19.
- [8] 龙志平,王彦祺,周玉仓,等.平桥南区页岩气水平井钻井优化设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(12):34-37.
LONG Zhiping, WANG Yanqi, ZHOU Yucang, et al. Drilling optimization design of shale gas horizontal well in south block of Pingqiao[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(12):34-37.
- [9] 陈平,刘阳,马天寿.页岩气“井工厂”钻井技术现状及展望[J].石油钻探技术,2014,42(3):1-7.
CHEN Ping, LIU Yang, MA Tianshou. Status and prospect of multi well pad drilling technology in shale gas[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2014,42(3):1-7.
- [10] 张金成.涪陵页岩气田水平井组优快钻井技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(7):1-8.
ZHANG Jincheng. Optimal and fast drilling technology for horizontal wells in Fuling shale gas field [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016,43(7):1-8.
- [11] 沈国兵,刘明国,晁文学,等.涪陵页岩气田三维水平井井眼轨迹控制技术[J].石油钻探技术,2016,44(2):10-15.
SHEN Guobing, LIU Mingguo, CHAO Wenxue, et al. 3D trajectory control technology for horizontal wells in the Fuling shale gas field[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2016,44(2):10-15.
- [12] 潘军,刘卫东,张金成.涪陵页岩气田钻井工程技术进展与发展建议[J].石油钻探技术,2018,46(4):9-15.
PAN Jun, LIU Weidong, ZHANG Jincheng. Drilling technology progress and recommendations for the Fuling shale gas field [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2018,46(4):9-15.
- [13] 臧彬彬.川东南地区深层页岩气钻井关键技术[J].石油钻探技术,2018,46(3):7-12.
ZANG Yanbin. Key drilling technology for deep shale gas reservoirs in the southeastern Sichuan region [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2018,46(3):7-12.
- [14] 牛新明.涪陵页岩气田钻井技术难点及对策[J].石油钻探技术,2014,42(4):1-6.
NIU Xinming. Drilling technology challenges and resolutions in Fuling shale gas field[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2014,42(4):1-6.
- [15] 王建华,刘杰,张进.页岩气开发钻完井技术探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(10):1-5.
WANG Jianhua, LIU Jie, ZHANG Jin. Complete drilling and completion technology for shale gas development[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015,42(10):1-5.

(编辑 韩丽丽)