

大牛地气田水平井优快钻井技术探索

张晓文, 任富鹏

(中石化华北石油工程有限公司五普钻井分公司, 河南 新乡 453000)

摘要:大牛地属于低压、低渗、低丰度的三低油气藏,能否实行优快钻井成为制约水平井发展的主要因素,通过对井身结构、钻具组合、钻头选型及泥浆体系结构等统计分析,总结出适合大牛地气田水平井优快钻井技术,形成了一套大幅度提高机械效率、缩短钻井周期,适合大牛地工区的优快钻井技术。

关键词:油气藏;水平井;井身结构;机械效率;泥浆体系;优快钻井

中图分类号:TE243 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2013)09-0023-03

Exploration of Optimized Fast Drilling Technology for Horizontal Well in Daniudi Gas Field/ZHANG Xiao-wen, REN Fu-peng (Wupu Drilling Company of North China Petroleum Bureau, SINOPEC, Xinxiang Henan 453700, China)

Abstract: Daniudi is an oil and gas reservoir with low pressure, low permeability and low abundance, whether the optimized fast drilling is in put in use become the main factors restricting the development of horizontal wells. Through the statistical analysis on the well structure, BHA, bit selection and the drilling mud system, an optimized fast drilling technology is summarized, which is suitable for Daniudi gas field and can substantially improve the drilling speed and shorten the drilling cycle.

Key words: oil and gas reservoir; horizontal well; well structure; mechanical efficiency; mud system; optimized fast drilling

1 概况

大牛地气田位于陕北地区,地处鄂尔多斯盆地伊陕斜坡东北部,是中国石化投入开发的第二大气田,是典型的低压、低渗、低丰度的“三低”油气藏,为提高产能,2011 年底开始大量布置水平井,且加长了水平段长度,水平井工艺技术成为优快钻井的“瓶颈”问题。通过不断的配套优化钻井参数、优化钻具组合、改善泥浆性能,形成了适合大牛地工区的优快钻井技术。

1.1 大牛地气田地层物性

大牛地气田目的层包括下石盒子组、山西组、太原组和马家沟组等 4 个主力气层。各气层段平均吼道半径 0.31~0.44 μm ,变化幅度小(见表 1),除马家沟灰岩气层外其余目的层均是砂体气层。

表 1 储层吼道数据

气层组	各层系孔喉结构数据				
	中值半径 / μm	中值压力 /MPa	平均喉道 半径/ μm	排驱压力 /MPa	最大连通 半径/ μm
盒 3	0.257	10.99	0.33	0.75	1.15
盒 2	0.134	19.86	0.33	0.66	1.30
盒 1	0.048	32.85	0.26	0.69	1.47
山 2	0.057	31.88	0.32	0.55	1.56
山 1	0.079	20.90	0.44	0.45	2.42
太 2	0.206	7.91	0.23	1.14	0.73

1.2 储层敏感性

开发前期开展了速敏、水敏、盐敏、酸敏和碱敏“五敏实验”,目的在于评价油气层发生敏感的各种条件和由敏感引起的油气层损害程度,表 2 为大牛地气田 6 组气层的敏感性特性。

表 2 储层敏感性分析统计表

层位	气层组	速敏	水敏	盐敏	HCl 敏	HF 敏	碱敏
下石盒子组	盒 3	弱~中	弱	弱	弱	强	中~强
	盒 2	中	弱~中	中	无	强	中
	盒 1	弱	弱	中	中~弱	强	中
山西组	山 2	弱	弱	中~强	弱	强	中
	山 1	弱	弱	弱~中	弱	弱~中	强
太原组	太 2	中~弱	中~弱	中~弱	弱	弱	中

2 大牛地气田水平井钻井技术难点

2.1 储层的非均质性

大牛地气田属河流相沉积,储层岩性变化较大,导致施工过程中部分井位为追踪砂体而不断的改变井眼轨迹,甚至出现多次回填。在 DPH-16 井施工过程中,根据导眼段岩性确定 A 靶点后,主井眼着陆时岩性仍出现了较大的差异,而且盒 2 组的砂体没有出现,因 3347~3377 m 钻遇泥岩回填侧钻;ESP1 井导眼施工结束后,主井眼 2 次 A 靶点着陆为

收稿日期:2013-08-19; 修回日期:2013-09-15
作者简介:张晓文(1974-),男(汉族),河南新乡人,中石化华北石油工程有限公司五普钻井分公司工程师,探矿工程专业,从事现场钻井工程工艺技术工作,河南省新乡市洪门五普钻井分公司。

泥岩回填。

储层的非均质性增大了 A 靶点的着陆及井眼轨迹控制的难度,多次回填改变井眼轨迹,导致井眼曲率较大,给后期作业带来了难度。

2.2 地层稳定性差

二叠系上统石盒子组泥岩段属于硬脆性泥岩,且地层裂缝比较发育,容易掉块、垮塌(见表 3 所示);二叠系和石炭系发育有多套煤层,泥岩与煤层都会呈现周期性的垮塌,尤其是上石盒子组泥岩;太原组地层有厚度达 20 m 的煤层,使得施工难度极高。

表 3 泥页岩特性表

地层分组	泥页岩特性		
	分散性实验	吸附膨胀实验	岩屑滚动回收实验
延长组、二马营组、和尚沟组、刘家沟组	中~强分散	中等强度膨胀	钻屑活性较强、较易膨胀
石千峰组、石盒子组、山西组、太原组	强分散	弱膨胀	钻屑活性低、微膨胀

DPH-17 井 A 靶点着陆后,通井时,井壁失稳,泥岩段垮塌,处理复杂累计 96 h;DPS-1 井钻达 3167.7 m 时,煤层垮塌,导致埋钻,回填至 2885 m 侧钻,报废进尺 282.7 m。

2.3 区域差异性大

地层可钻性差异较大,同一层位不同区块,同一种钻头选型都有很大的区别,如刘家沟组在红碱淖地区可钻性非常强,机械钻速达 12 m/h,而在 61 井区则平均只有 5 m/h 左右;如盒 1 组的水平井段施工中,DPH-17 井 2 只钻头进尺 1200 m,而 DP24H 井使用 4 只钻头仅进尺 741.29 m,DPH-3 井则是 11 只钻头进尺 1269.66 m。

3 优快钻井工艺优化及应用效果

3.1 井身结构优化

大牛地气田开发初期采用 8½ in 井眼水平段钻进,之后采用 6 in 井眼(如表 4 所示)。两者对比前者破岩量几乎是后者的 2 倍;井底水功率前者比后者小得多;在钻具使用上后者比前者的载荷小得多,这使得整个钻井指标有了大幅的提升(见表 5)。

表 4 优化前后井身结构

开次	井眼×套管尺寸/in	
	优化前	优化后
一开	17½×13%	12¼×9½%
二开	12¼×9½%	8½×7
三开	8½×5½%	6×4½%

表 5 水平段钻井指标对比

井位数量 /口	水平段井眼尺寸 /in	钻井周期 /d	机械钻速 /(m·h ⁻¹)
3	8½	126.02	3.82
21	6	48.39	8.01

井身结构的优化使得水平井钻井取得了质的飞跃,机械钻速提高 90%,钻井周期缩短到原来的 40%。

3.2 钻具组合、钻井参数优化

在井身结构优化的基础上,通过优选钻头、优化钻具组合、优化钻井参数进一步提升了钻井综合水平。2010 年底开始试验复合钻进技术,即 PDC 钻头+动力钻具,二开上直段取得了明显效果,2011 年下半年开始推广,表 6 为 2010 年以来采用复合钻进和常规钻具组合的效率对比。

表 6 复合钻进与常规钻进数据对比

年份	类型	井位数量 /口	平均井深 /m	平均进尺 /m	平均机械钻速 /(m·h ⁻¹)
2010	常规	27	200~1359.78	1159.78	20.60
2011	常规	22	200~1342.19	1142.19	25.90
2011	复合	14	200~1411.6	1211.60	41.61
2012	复合	5	400~1251.15	851.15	42.52

从表 6 可以看出,复合钻进机械钻速大幅度的提高,2011 年提高约 60.66%,可节约 1~2 天施工时间,直接减少大量的人力、原材料等刚性成本。

通过不断探索,2011 年下半年形成了成熟的钻头选型,石盒子组、马家沟组 1200 m 段长的水平井基本实现 2 只钻头完钻,1000 m 段长的水平井实现了单只钻头完钻(见表 7、表 8)。

表 7 石盒子组水平井水平段钻头使用情况

井队	井号	尺寸型号	单只进尺/m	纯钻时间/h	平均机械钻速 /(m·h ⁻¹)
50847	DPHT38-1	P5235MJH	1000	71.92	13.90
50846	DPHT38-3	P5235MJH	960	95.83	10.02

表 8 马家沟组水平井水平段钻头使用情况

井队	井号	尺寸型号	单只进尺/m	纯钻时间/h	平均机械钻速 /(m·h ⁻¹)
50175	PG5	GD1605TQ	727.63	79.00	9.21
		HT2545D	372.37	45.50	8.18
50407	PG3	GD1605TQ	868.21	93.50	9.29
		HT2545D	381.79	49.50	7.71

从表 7 和表 8 可以看出,截止目前,基本实现 2 只钻头完钻,而统计 2011 年上半年则至少需要 4 只钻头,最多 13 只。

3.3 泥浆技术优化

3.3.1 分井段泥浆性能的优化

针对鄂北工区地层岩性及钻井井段的要求,确定泥浆性能要求。(1)上直段: $\rho < 1.10 \text{ g/cm}^3$, $FV = 20 \sim 30 \text{ s}$, API 失水量 $< 8 \text{ mL}$, $Gel = (1 \sim 3)/(1 \sim 4) \text{ Pa}$, pH 值 9, $PV = 3 \sim 10 \text{ mPa} \cdot \text{s}$, $YP = 1.5 \sim 5 \text{ Pa}$; (2)造斜段: $FV = 30 \sim 35 \text{ s}$, $\rho = 1.20 \sim 1.25 \text{ g/cm}^3$ (目的层盒 1)、 $1.25 \sim 1.30 \text{ g/cm}^3$ (目的层山 1), API 失水量 $= 5 \text{ mL}$, $\theta_1/\theta_{10} = (2 \sim 4)/(3 \sim 6) \text{ Pa/Pa}$, $PV = 10 \sim 20 \text{ mPa} \cdot \text{s}$, $YP = 5 \sim 8 \text{ Pa}$; (3)水平段: $\rho < 1.08 \text{ g/cm}^3$, $FV = 40 \sim 50 \text{ s}$, API 失水量 $< 5 \text{ mL}$, $Gel = 4 \sim 5/5 \sim 8 \text{ Pa}$, pH 值 9, $PV = 7 \sim 10 \text{ mPa} \cdot \text{s}$, $YP = 7 \sim 8 \text{ Pa}$, $K_r < 0.08$ 。

3.3.2 泥浆配比及维护

(1)二开上直段:淡水 + $1 \sim 3 \text{ kg/m}^3 \text{ KOH}$ + $3 \sim 5 \text{ kg/m}^3 \text{ KPAM}$ + $3 \sim 7 \text{ kg/m}^3 \text{ KHPAN}$ + $5 \sim 10 \text{ kg/m}^3 \text{ NH}_4\text{HPAN}$;

(2)钻井过程中用 $3 \sim 5 \text{ kg/m}^3 \text{ KPAM}$ 和 $6 \sim 10 \text{ kg/m}^3 \text{ KHPAN}$ 复配成胶,以细水长流的方式均匀维护,保持聚合物的量,遇强造浆地层(PDC 钻头易泥包)加大 KPAM 的用量;

(3)针对盒 1 段泥岩和山西、太原组煤层采用“物化封固 - 抑制水化 - 化学反渗透 - 有效应力支撑”防塌;

(4)造斜段使用 KPAM 和 KHPAN 控制地层造浆,用 NH_4HPAN 调整流型保持动塑比在 0.48 左右,用 LV - CMC、SMP - 1 和 SPNH 降低滤失量,用无荧光防塌剂和磺化沥青粉封堵地层,抑制掉块;

(5)三开水平段调整井浆流变性能,进入水平井段后,每钻进 1 h 监测一次钻井液性能,重点测定 θ_6 、 θ_3 读值和初始凝胶强度,确保 $\theta_3 > 7$, $YP > 5 \text{ Pa}$ 。

3.3.3 泥浆池结构的优化

通过在泥浆池建立 2 个隔离带使泥浆多次沉淀,回收重复使用,达到“三级沉降,两级过滤”,最终实现以下目的:

- (1)降低密度和减少有害固相的目的;
- (2)废液沉淀过滤后回收重复使用,减少了污水的排放量与淡水的取水量;
- (3)减少固控设备的运转时间,延长使用寿命;
- (4)钻井效率大幅提升。

3.4 钻井周期数据对比

2011 年下半年开始推行复合钻进及泥浆池“大

循环”方案后,上直段机械钻速大幅提升,加之水平段钻头选型不断成熟,使得整个钻井周期有了很大幅度的提升。2011 年较 2010 年提高 7.9%,2012 年施工的 21 口井较 2011 又提高 6.47%,随着工艺技术的不断成熟,各钻井指标将会有更大的提高,对比数据见表 9。

表 9 两种钻井技术对比

年份	钻井技术	井位数量 / 口	平均钻井周期 / 天	平均机械钻速 / (m · h ⁻¹)
2010	常规	7	56.18	6.69
2011	复合	11	51.74	8.40
2012	复合	21	48.39	9.67

通过井身结构、钻具组合、钻井参数、钻头选型、泥浆池改造等的不断进步、各类工艺技术不断的在工区内推广,使得整个钻井技术水平不断提升,不断刷新钻井技术指标或纪录。DPH - 61 井实现了 26.08 天完钻纪录。随着水平井优快钻井技术的推广应用,2012 工区实现了整体提速。

4 结论

(1)井身结构的改变使得钻井时间大幅度缩短,水平段 6 in 井眼较 8½ in 井眼机械钻速高、井壁稳定性好;

(2)上直段复合钻进及泥浆循环优化在工区内推广使用,使得钻井效率有了很大的提升;

(3)钾氨基聚合物钻井液体系有效地解决了盒 1 段泥岩及山西组、太原组煤层的垮塌,保证了井壁稳定;

(4)目前大牛地地区水平井钻井技术仍存在“瓶颈”问题,即造斜段 PDC 钻头的使用依然没有好的钻头选型,需要进一步探索。

参考文献:

[1] 冯朋鑫,李进步,等. 水平井技术在苏里格低渗油气藏中的应用[J]. 石油化工应用,2010,29(8).

[2] 宁印平,薛波,等. 鄂尔多斯盆地延长区块天然气勘探钻井液技术改进与应用[J]. 钻井液与完井液,2009,26(2).

[3] 王翔. 大牛地气田水平井优快钻井技术[J]. 西部探矿工程,2011,(3).

[4] 王立泉,庞继华,田秋月,等. 聚磺润滑防塌钻井液在县斜坡西柳区块的应用[J]. 钻井液与完井液,2009,26(4).

[5] 阎永辉. 鄂北水平井提速提效技术探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,39(6).