

龙26-平25长水平段水平井钻井技术

孙妍

(大庆钻探工程公司钻井工程研究院,黑龙江大庆163413)

摘要:为了高效开发低渗透油藏,在大庆油田龙26区块部署了龙26-平25长水平段水平井。介绍了井身结构与井眼轨迹剖面设计特点,分析了钻井施工中的难点,从井眼轨迹控制、旋转地质导向钻井技术、摩阻与扭矩监测、井眼清洁等几个方面对该井采用的技术措施进行了详细阐述。龙26-平25井完钻井深4045.00 m,水平段长2033.00 m,各项指标均符合设计要求,创出了大庆油田应用水基钻井液施工水平井水平段最长的记录,为今后施工同类型长水平段水平井积累了宝贵的施工经验。

关键词:长水平段水平井;轨迹控制;旋转地质导向;摩阻扭矩监测;井眼清洁

中图分类号:TE243 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2016)11-0041-04

Drilling Technology of L26 - P25 Horizontal Well with Long Horizontal Section/SUN Yan (Drilling Engineering Technology Research Institute of Daqing Drilling & Exploration Engineering Corporation, Daqing Heilongjiang 163413)

Abstract: In order to develop the low permeability reservoir, the horizontal well with L26 - P25 long horizontal section was deployed in Long 26 block of Daqing oil field. Based on the introduction of casing program and design features of well trajectory profile, the difficulties in drilling construction are analyzed and the technical measures adopted in this well are elaborated in detail in well trajectory control, rotary geo-steering drilling technology, friction and torque monitoring, hole cleaning and some other aspects. L26 - P25 long well is 4045.00m in total depth and 2033.00m in horizontal section; all the indexes meet the design requirements. It is a record of the longest horizontal section in horizontal well with water-base drilling fluid in Daqing oilfield, the construction experience is accumulated for the same type horizontal well with long horizontal section in future.

Key words: horizontal well with long horizontal section; trajectory control; rotary geo-steering; friction and torque monitoring; hole cleaning

大庆油田龙26区块构造圈闭面积26.64 km²,目的层为青山口组的高台子油层,砂岩平均有效厚度1.2 m,岩心分析平均孔隙度为11.5%,平均渗透率为 $0.64 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于低孔、特低渗储层。为了实现龙26区块低渗透油藏的有效开发,自2013年起应用油基钻井液在该区块施工完成水平段超1000 m的水平井18口,但是应用水基钻井液施工水平段超过2000 m的龙26-平25井在该区块尚属首次。

1 井身结构与井眼轨迹剖面设计

1.1 井身结构设计

综合考虑龙26区块的地层岩性特点、地层孔隙压力、破裂压力和坍塌压力以及必封点的要求,以降

低施工中的摩阻和扭矩、利于完井后的压裂管柱安全下入为原则,龙26-平25井采用二开套管的井身结构。一开采用 $\varnothing 311.2 \text{ mm}$ 钻头开钻,下入 $\varnothing 244.5 \text{ mm}$ 技术套管;二开采用 $\varnothing 215.9 \text{ mm}$ 钻头完钻,下入 $\varnothing 139.7 \text{ mm}$ 油层套管。井身结构设计数据见表1所示。

表1 井身结构设计数据表

开钻 次序	钻头尺 寸/mm	井段/ m	套管尺 寸/mm	套管下 深/m	封固井段/ m
一开	311.2	0.00 ~ 1230.00	244.5	1228.00	地面 ~ 1228.00
二开	215.9	1230.00 ~ 4045.00	139.7	4042.00	地面 ~ 4042.00

1.2 井眼轨迹剖面设计

以降低施工摩阻,利于水平段最大化延伸为目标,通过对比不同的造斜点、靶前距和造斜率,确定

收稿日期:2016-01-25

基金项目:中国石油天然气股份有限公司重大专项“大庆探区非常规油气勘探开发关键技术与现场试验”(编号:2012E-2603-02)

作者简介:孙妍,女,汉族,1987年生,工程师,从事钻井工程设计工作,黑龙江省大庆市红岗区八百响钻井工程研究院设计中心,sunyan@cnpc.com。

龙26-平25井采用“直-增-稳-增-水平”的变曲率双增轨迹剖面,井眼轨迹剖面具体数据见表2所示。

表2 井眼轨迹剖面数据表

描述	测深/ m	井斜角/ (°)	方位 角/(°)	垂深/ m	水平位 移/m	造斜率/[(°)· (30 m) ⁻¹]
井口	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
造斜点	1545.00	0.00	9.41	1545.00	0.00	0.00
造斜1完	1734.45	41.05	9.41	1718.65	65.01	6.50
稳斜完	1767.01	41.05	9.41	1743.21	86.39	0.00
造斜2完	1969.53	88.30	9.41	1827.41	264.30	7.00
靶点A	2000.33	89.33	9.41	1828.05	295.10	1.00
靶点B	2800.36	89.33	9.41	1837.45	1095.06	0.00
调整点	2967.81	90.44	9.41	1837.79	1261.58	0.20
靶点C	4000.34	90.44	9.41	1829.80	2295.01	0.00
井底	4045.00	89.62	9.41	1830.14	2344.97	0.50

2 钻井难点分析

(1) 轨迹控制难度大。龙26-平25井的目的层青山口组高台子油层平均有效厚度仅为1.2 m,这么薄的储层很难实现准确入靶。

(2) 施工摩阻扭矩大。该井二开裸眼井段长2815.00 m,水平段长超过2000.00 m,而且是应用水基钻井液进行施工,施工中摩阻和扭矩大,易发生钻具疲劳事故。

(3) 井身结构比较独特。龙26-平25井二开裸眼井段长度为2815.00 m,这么长的裸眼井段不仅增加施工摩阻和扭矩,而且还容易发生井壁失稳垮塌的情况,对水基钻井液性能提出了更高的要求。

(4) 井眼清洁困难。随着水平井段不断地延长,岩屑上返非常困难,会在下井壁形成岩屑床,使井眼不通畅,造成起下钻阻卡。

3 钻井施工技术

3.1 轨迹控制技术

3.1.1 直井段轨迹控制

龙26-平25井是一口平台井,与邻井龙26-平26井井口间只有10.00 m的距离,因此直井段施工“防斜打直”,防止井眼相碰是关键。直井段施工中采用双螺扶钟摆钻具组合,严格控制钻压和转速,每钻进100~120 m进行定点测斜,输入到水平井计算软件中进行防碰扫描计算,至造斜点1545.00 m,井斜0.45°,方位18.2°,两井之间距离8.96 m。

3.1.2 造斜段轨迹控制

造斜段是水平施工的关键井段,造斜施工前根据直井段的位移偏差对井眼轨迹剖面进行重新修正设计,选择造斜率最低、摩阻和扭矩最小、施工效率最高的井眼轨迹剖面模式。施工中采用1.5°单弯螺杆+LWD的倒装钻具组合,根据设计需要的造斜率对每个单根进行滑动和复合钻进比例的优化,保证实钻井眼轨迹光滑,降低施工的摩阻和扭矩。在井斜达到40°以后,根据LWD测得的伽马和电阻率数据与邻井数据进行对比分析,及时发现目的层垂深提前或滞后,按照更改后的目的层垂深反复对待钻井眼轨迹进行修正设计,指导后续施工。钻至井深2012.00 m,井斜89.5°,方位9.8°,LWD随钻伽马曲线和电阻率曲线都出现了典型的油层特征,地质导向人员确定已经进入了A靶点,实现了1.2 m薄目的层的准确中靶。

3.2 旋转地质导向钻井技术

应用倒装钻井组合进入A靶点后,为了保证水平段的砂岩钻遇率,实现水平段的有效延伸,决定水平段应用先进的旋转地质导向钻井工具。旋转地质导向工具不仅能够在旋转的条件下对井斜和方位进行调整,还拥有近钻头伽马和电阻率,能够及时发现储层的变化。钻具组合为Ø215.9 mm钻头+Ø165 mm旋转导向+Ø165 mm LWD+Ø127.0 mm无磁加重钻杆×9.5 m+Ø127.0 mm斜坡钻杆+Ø127.0 mm加重钻杆×334.80 m+Ø127.0 mm钻杆。施工中以旋转地质导向工具不产生井下震动为原则,对施工参数进行优选,钻压80~120 kN,转速120~130 r/min,排量34 L/s,直至完钻井深4045.00 m。水平段施工中实现日进尺最高260.00 m,砂岩平均钻遇率100%的好成绩。

3.3 钻井液技术

针对龙26-平25井裸眼井段长、摩阻扭矩大、井壁容易垮塌、岩屑携带困难等施工难点,应用了具有强抑制性、封堵性和润滑性的高性能水基钻井液体系,配方为:4%膨润土+0.25%纯碱+0.2% KOH+2%树脂类降滤失剂+2%铵盐类降滤失剂+2%封堵防塌剂+0.4%聚胺+0.3%包被剂+3%聚合醇+5%液体润滑剂+适量消泡剂。施工中根据各个井段不同的施工需求,制定了有针对性的钻井液维护与处理原则,见表3所示。该套高性能水基钻井液体系在龙26-平25井的整个施工中性能稳定、润滑性良好,全井未出现任何复杂事故。

表 3 不同井段钻井液维护与处理原则

井段	粘度/ s	密度/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	塑性粘度/ ($\text{mPa} \cdot \text{s}$)	动切力/ Pa	动塑比	固相含量/ %	含砂量/ %	滤失量/ mL	维护与处理原则
直井段	45 ~ 60	1.15 ~ 1.2	15 ~ 25	5 ~ 10	0.3 ~ 0.55	8 ~ 13	0.5 ~ 1	1 ~ 2	低密度、防塌、强抑制
造斜段	50 ~ 75	1.2 ~ 1.25	15 ~ 30	8 ~ 18	0.4 ~ 0.7	10 ~ 20	0.5 ~ 1	0.5 ~ 2	高润滑、强抑制
水平段	55 ~ 75	1.3 ~ 1.4	20 ~ 30	10 ~ 20	0.5 ~ 0.7	10 ~ 20	0.5 ~ 1	1 ~ 2	防塌、低摩阻、低虑失

3.4 摩阻扭矩监测技术

随着水平井段不断地延伸,施工摩阻和扭矩不断增大,如何对施工中的实钻摩阻和扭矩进行监测与评估,降低裸眼井段的摩阻系数是保证安全钻井的关键。在龙 26 – 平 25 井施工中应用 Landmark 对实测的摩阻与扭矩进行跟踪计算,然后反算出裸眼井段的摩阻系数,如图 1、图 2 和图 3 所示,由此可计算待钻井眼摩阻与扭矩,判断钻具屈曲疲劳情况,从工程和钻井液两个方面采取相应的技术措施,确保摩阻系数控制在可接受的范围内,为安全施工提供保障。

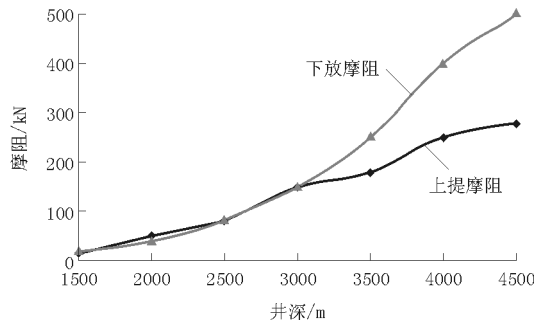


图 1 实测摩阻数据

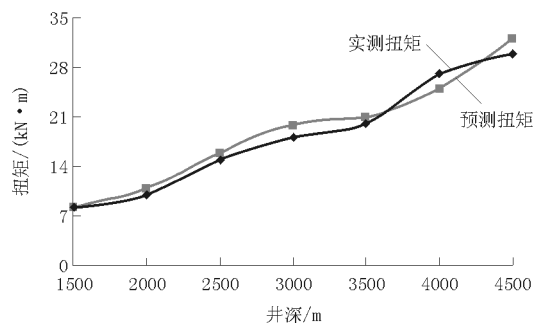


图 2 实测与预测扭矩对比

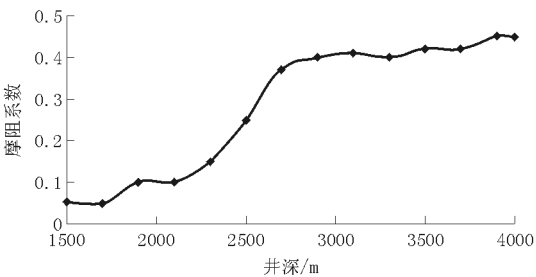


图 3 校正的摩阻系数

3.5 井眼清洁技术

长水平段水平井岩屑上返困难,很容易堆积在下井壁形成岩屑床,造成施工安全隐患,因此龙 26 – 平 25 井施工中主要采取了以下几项技术措施保证井眼清洁。

- (1) 保证钻井液排量在 34 L/s 以上,钻井液的动塑比保持在 0.5 以上,提高携带岩屑能力。
- (2) 调整钻井液流变性能,使用 160 目振动筛,配以除砂器、除泥器和离心机及时清除钻井液中的岩屑。
- (3) 每钻进一个单根正、倒划眼 2 遍,根据井上的施工摩阻和扭矩情况,实时进行短起下钻破坏岩屑床,保证井下安全。

4 施工效果分析

(1) 龙 26 – 平 25 井完钻井深 4045.00 m,垂深 1831.17 m,水平位移 2278.97 m,水平段长 2033.00 m,创造了大庆油田应用水基钻井液施工水平井水平段最长记录,A 靶点、C 靶点设计与实钻轨迹数据见表 4 所示。

表 4 设计与实钻数据对比表

项目	A 靶点					C 靶点				
	斜深/m	垂深/m	井斜角/(°)	方位角/(°)	水平位移/m	斜深/m	垂深/m	井斜角/(°)	方位角/(°)	水平位移/m
设计	2000.33	1828.05	89.33	9.41	295.10	4000.34	1829.80	90.44	9.41	2295.01
实际	2012.00	1829.13	89.50	9.80	298.34	4001.52	1830.76	90.32	9.35	2293.86

(2) 龙 26 – 平 25 井平均机械钻速 11.6 m/h,钻井周期 58.21 d,与邻井龙 26 – 平 26 井相比机械钻速提高 12.3%,钻井周期缩短 9.79%。

(3) 龙 26 – 平 25 井在目的层 1.2 m 的前提下 3 个靶点都准确入靶,水平段砂岩钻遇率 100%,各项轨迹控制指标均高于钻井设计要求。

5 结论

(1)造斜段根据随钻测井曲线提供的目的层垂深变化,反复修正待钻井眼轨迹,实现了1.2 m油层的准确入靶;水平段应用旋转地质导向钻井工具实现了砂岩钻遇率100%。

(2)通过应用强抑制、封堵性和润滑性的高性能水基钻井液,配以合理的维护处理原则,保证了龙26-平25井的顺利施工。

(3)通过摩阻与扭矩监测,摩阻系数的计算,及时采取有力的技术措施控制摩阻系数,为钻井施工安全提供了保障。

参考文献:

- [1] 孟祥波. 齐平3井钻井施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(8): 22-24.
- [2] 崔海林, 陈建龙, 牛洪波, 等. 胜利油田首口小井眼长水平段水平井钻井技术[J]. 石油钻探技术, 2011, 39(5): 14-18.
- [3] 孟祥波, 陈春雷, 孙长青. 徐深21-平1井眼轨迹控制技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(1): 30-32.
- [4] 窦玉玲. 长水平段大位移井井眼轨道优化设计[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(7): 50-52.
- [5] 侯杰, 刘永贵, 李海. 高性能水基钻井液在大庆油田致密油藏水平井中的应用[J]. 石油钻探技术, 2015, 43(4): 59-65.
- [6] 董广华. 金31-平2阶梯式水平井井眼轨迹控制技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(3): 30-33.
- [7] 孙庆仁, 郭胜堂, 孟祥波. 达深CP302开窗侧钻水平井钻井实践与认识[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(4): 36-38.
- [8] 陈宇同, 傅文伟, 邵明仁, 等. 加密调整水平井轨迹控制技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(2): 28-30.
- [9] 牛洪波. 大牛地气田长水平段井眼轨迹控制方法[J]. 天然气工业, 2011, 31(10): 64-67.
- [10] 李益平. 塔河油田TK665CH井卡拉沙依组侧钻侧钻水平井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(4): 31-34.
- [11] 韩福斌, 李瑞营, 李国华, 等. 庆深气田致密砂砾岩气藏小井眼水平井钻井技术[J]. 石油钻探技术, 2013, 41(5): 56-61.
- [12] 张瑞平, 丁浩, 陈水新, 等. 扎那诺尔油田套管开窗侧钻定向井钻井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(7): 28-30.
- [13] 胥豪, 唐洪林, 张晓明, 等. 新沙21-27长水平段水平井钻井实践[J]. 断块油气田, 2013, 20(1): 111-114.
- [14] 史沛谦, 王善举, 马文英, 等. 靖南地区水平井钻井液技术研究及应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(7): 1-4.
- [15] 谭松成, 高学生, 刘彬, 等. 大港油田优快钻井配套技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(9): 30-33.