

# 海油陆采水平井桩147-平1井钻井技术

吕兴辉 李燕 常领 巴涛

(胜利石油管理局 渤海钻井总公司, 山东 东营 257200)

**摘要:**桩147-平1井是胜利油田在桩西滩海地区部署的一口重点海油陆采井,同时也是该地区第一口开采沙2段储层的深层水平井。该井井眼尺寸大、水平段长、摩阻大,上部地层泥岩造浆严重,中部砾岩层不稳定,下部地层泥岩易剥蚀坍塌。采用拟悬链线剖面、选用“PDC钻头+单弯螺杆+FEWD”导向钻具组合,控制和监测摩阻与扭矩,降低了摩阻,保证了实际井眼轨迹与设计井眼轨道重合,确保了水平段始终在油层最佳位置穿行;采用短起下钻、分段循环等手段有效清除了岩屑床,保障了井眼清洁和井下安全;采用高效润滑防塌钻井液,根据地层特点合理调整钻井液性能,满足了全井井壁稳定、携岩和润滑的要求;采用在水平段不同位置下入两段筛管而中间可疑层段加管外封隔器的完井方法,提高了水平井的产能。系统介绍了桩147-平1井井眼轨迹控制技术、摩阻与扭矩控制与监测技术、井壁稳定与井眼净化技术、钻井液维护处理措施、完井技术措施。

**关键词:**水平井;井眼轨迹;井眼净化;井眼稳定;桩147-平1井

**中图分类号:**TE243 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0890(2010)04-0125-04

## Drilling Technology Used in Offshore Development with Onshore Horizontal Well Zhuang 147-Ping 1

Lv Xinghui Li Yan Chang Ling Ba Tao

(Bohai Drilling Company, Shengli Petroleum Administration, Dongying, Shandong, 257200, China)

**Abstract:** Well Zhuang 147-Ping 1 is an extended reach well for offshore development from onshore located in Zhuangxi area of Shengli Oilfield. It's also the first deep extended reach horizontal well of this area to develop Sha-2 reservoir. It has large borehole size, long horizontal section, and large friction. The upper section is mud-making formation. The intermediate section is unstable gravel layer, and the bottom section is caving shale. The trajectory was a pseudo-catenary curve. FEWD and bent-housing PDM were used to monitor and control the trajectory. The horizontal section penetrated the best reservoir. Short trips and staging circulation were regularly used to clear the cuttings. A series of measures was taken to adjust mud property to meet the need of borehole stability, cutting transport and lubricating. Friction and torque are monitored and controlled to keep downhole safety. Segregated completion was used to complete the horizontal section. Two sections of screen liner and external casing packer were used to isolate different sections. This paper introduced the design and control of trajectory, the control and monitoring of friction and torque, the maintaining hole stability and hole cleaning, the drill fluid, completion technique etc. It provides experience for design, drilling and completion of horizontal wells in Zhuangxi area.

**Key words:** horizontal well; hole trajectory; hole cleaning; hole stabilization; Well Zhuang 147-Ping 1

桩147-平1井是胜利油田在桩西滩海地区部署的一口海油陆采井,钻探目的是开发桩斜147块沙2段油层。该井完钻井深5 067.00 m,水平位移2 650.88 m,最大井斜角88.68°。该井采用了拟悬链线法井身剖面设计、顶部驱动+FEWD井眼轨迹

收稿日期:2009-09-19;改回日期:2010-06-19

**作者简介:**吕兴辉(1980—),男,山东菏泽人,2005年毕业于中国石油大学(华东)石油工程专业,助理工程师,从事现场石油钻井技术工作。

**联系方式:**(0546)8891621, upclxh@126.com

控制、高效润滑防塌钻井液体系、摩阻扭矩预测分析、尾管悬挂和筛管顶部注水泥等技术,平均机械钻速 6.39 m/h,钻井过程中未出现井下复杂情况或故障,电测成功率 100%,井身质量、固井合格率均为 100%,采用  $\phi 6.0$  mm 油嘴自喷投产,日产 98 t 原油。桩147-平 1 井顺利完井并获得高产,对进一步开发滩海油田具有重要意义。

## 1 井眼轨迹控制技术

针对桩147-平 1 井井眼尺寸大、水平段长、摩阻大等施工难点,采用了拟悬链线方法设计井身剖面<sup>[1-3]</sup>,该井井身剖面设计数据见表 1,实际井身剖面数据见表 2,井身轴线设计与实钻垂直剖面投影如图 1 所示。

表 1 设计井身剖面						
井段	井深/m	段长/m	井斜角/(°)	方位角/(°)	造斜率/(°)·(100m) <sup>-1</sup>	水平位移/m
直井段	1 680.00	1 680.00	0	49.95	0	0
圆弧段	1 920.00	240.00	24.00	49.95	10.00	49.53
悬链线段	3 206.95	1 286.95	72.00	49.95	1.45~7.75	872.90
稳斜段	4 596.29	1 389.34	72.00	49.95	0	2194.24
增斜增方位段	4 742.63	146.34	86.25	55.01	3.43~11.50	2 336.86
水平段	5 058.45	315.82	86.25	55.01	0	2 650.92

表 2 实际井身剖面						
井段	井深/m	段长/m	井斜角/(°)	方位角/(°)	造斜率/(°)·(100m) <sup>-1</sup>	水平位移/m
直井段	1 689.00	1 689.00	0	52.3	0	0
圆弧段	1 939.00	250.00	25.00	47.9	10.00	53.68
悬链线段	3 246.02	1 307.02	72.00	50.00	1.46~7.26	906.26
稳斜段	4 620.60	1 374.58	72.00	52.35	0	2 213.43
增斜增方位段	4 746.57	125.97	86.25	54.58	3.45~12.25	2 336.70
水平段	5 062.38	315.81	86.25	54.58	0	2 650.91

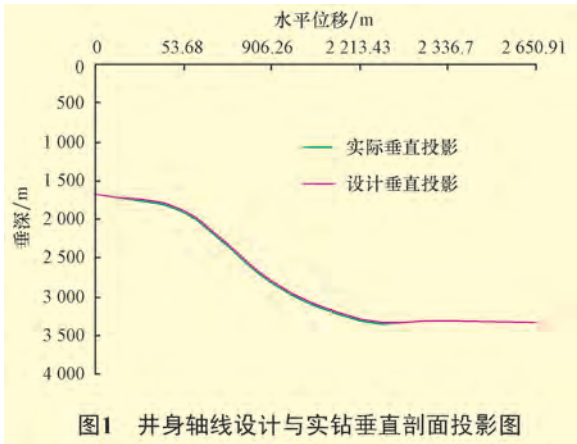


图1 井身轴线设计与实钻垂直剖面投影图

由表 1 和表 2 及图 1 可看出,桩147-平 1 井实际井眼轨迹与设计井眼轨道几乎完全吻合。

### 1.1 直井段

直井段一开、二开均采用塔式钻具组合钻进,使用 YSS 电子多点测斜仪进行跟踪监测,出导管后采用小钻压(20~30 kN)吊打钻进,钻至钻铤全部出套管后加正常钻压钻进。直井段完钻时,最大井斜角 1.44°,水平位移 6.57 m,为下部井眼轨迹控制奠定了良好的基础。

### 1.2 圆弧段+悬链线段+稳斜段+增斜增方位段

圆弧段采用“ $\phi 311.1$  mm 钻头+ $\phi 203.2$  mm 1.25°螺杆”完成,悬链段采用“ $\phi 311.1$  mm 钻头+ $\phi 203.2$  mm 1.25°螺杆+ $\phi 304.2$  mm 欠尺寸稳定器”完成,稳斜段采用“ $\phi 215.9$  mmPDC 钻头+ $\phi 171.5$  mm动力钻具(1.25°)”完成,整个斜井段井眼轨迹圆滑,施工顺利,采取的主要技术措施有导向钻井和优化钻具组合。

1) 采用导向钻井技术。增斜增方位井段采用“PDC 钻头+ 1.25°动力钻具+FEWD”的导向钻具组合。钻进过程中测点加密,实时监控井眼轨迹,严格按设计轨道钻进。

2) 优化钻具组合。尽量简化钻具组合,少用钻铤,在保证正常施工的前提下,用加重钻杆代替钻铤,通过倒换钻具使加重钻杆始终在直井段。悬链线段前半段设计造斜率非常低,为了能使实钻井眼轨迹与井眼设计轨道吻合,又尽可能减少定向井段,提高机械钻速,在动力钻具上加装了一个  $\phi 304.2$  mm 欠尺寸稳定器。钻至悬链线段后半段,由于设计造斜率逐渐增至(5°~7°)/100m,接近了复合钻进

自然增斜效果,甩掉欠尺寸稳定器,以复合钻进为主,滑动钻进为辅控制井眼轨迹。

1.3 水平段

水井段采用“PDC 钻头 + 1.25°动力钻具 + FEWD”导向钻具组合钻进。钻进过程中,根据 FEWD

测取的地质参数和地质录井情况,随时分析判断油层,保证了水平段在油层中穿行,钻至井深 5 067.00 m 顺利完钻。在进入目的层之前,使用了 FEWD 地质导向无线随钻测量仪,准确确定了目的层深度,确保了水平井眼在油层中的合适位置延伸<sup>[4-6]</sup>。桩 147-平 1 井中靶数据见表 3。

表 3 桩 147 平 1 井中靶数据						
	靶点	井深/m	垂深/m	水平位移/m	闭合方位角/(°)	纵距/m
A	设计	4 746.57	3 324.00	2 336.70	49.95	5.00
	实际	4 751.35	3 321.60	2 336.70	49.98	-2.40
B	设计	5 052.38	3 344.00	2 640.97	50.53	5.00
	实际	5 057.04	3 341.83	2 640.97	50.52	-2.17

2 井眼清洁与井壁稳定技术

该井位于潜山披覆构造带桩斜 147 块高部位,上部平原组地层纯泥岩段造浆严重,钻井液性能不易控制;中部馆陶组地层有大段的砾岩,渗透性强,且极不稳定;下部东营组地层底部及沙河街组地层的泥岩不稳定,易剥蚀坍塌,针对复杂地质情况采取了以下井眼清洁与井壁稳定技术措施:

1) 在保证动力钻具安全及使用时间的前提下,充分发挥动力钻具的优势,尽量采用复合钻进方式,既有效提高了井眼轨迹的圆滑度,也破坏了岩屑床,保证了井眼清洁。

2) 为了保证排量,钻进和循环时泵压保持在 19~20 MPa,使钻井液具有较高上返速度,增加携岩效果,提高井眼清洁效果。

3) 每钻完一单根,划眼 1~2 次;循环时转动钻柱;充分发挥顶部驱动设备优势,必要时采取倒划眼措施;钻时快时保证每钻进 50~100 m 短起下钻一次;钻时较慢时定时(24~36 h)进行一次短起下钻;必要时可以简化钻具组合通井并分段循环。

4) 在保证井眼清洁的前提下,钻井液环空返速不宜过大,避免冲刷井壁。

5) 提高钻井速度,缩短裸眼段浸泡时间。

6) 控制起下钻速度,开泵要平稳,避免产生激动压力和抽汲压力。

3 摩阻、扭矩控制与监测技术

该井由于稳斜段长、井斜角大,重力效应突出,上提、下放钻具时阻力大,钻进时加压困难;钻柱摩擦阻力大、扭矩大,扭矩传递困难;下部钻具易屈曲自锁,需加强摩阻、扭矩的控制与监测。

1) 该井采用拟悬链线剖面设计,井眼轨迹平滑,减小了狗腿度,避免了比较大的扭方位。在钻具组合上尽量少用钻铤,改用加重钻杆,减少钻柱与井壁之间的摩擦力,从而降低摩阻和扭矩。

2) 三开后在稳斜段和增斜增方位井段应用了 30 只非旋转钻杆保护器,有效降低了钻进扭矩。通过在井深 3 063.00 m 上下 2 趟钻扭矩实测对比发现,应用非旋转钻杆保护器扭矩降低约 4 kN·m。

3) 在钻井过程中,对实测与预测的摩阻和扭矩进行分析,反算出摩阻系数,为后续钻进的摩阻预测提供可靠的依据。

4 钻井液维护处理措施

4.1 提高钻井液润滑性

钻至井深 1 800.00 m 后定期混入 8%原油 + 1%~2%植物油,并适量复配石墨、阳离子乳化沥青,提高钻井液润滑性能,同时加入原油乳化剂 SN-1,保证原油充分乳化;进入油层前,为配合地质录井,及时发现油气层,不再向钻井液中混入原油,增大聚合醇润滑剂和极压润滑剂的加量,提高钻井液润滑性能。

4.2 控制钻井液固相含量

钻进过程中及时补充聚合物 PAM 胶液,保证聚合物的质量分数不低于 0.5%,同时加强固控设备的使用,应用高速线性振动筛,将 60 目筛网换为 120 目筛网。保证振动筛、除砂器、除泥器 24 h 运转,定期开离心机,保证及时清除有害固相。

4.3 提高钻井液护壁防塌性

该井水平段位于沙河街组的泥页岩地层,由于水化、膨胀和局部应力增大井壁易失稳<sup>[3]</sup>,采取了以下防止井壁失稳的技术措施:

1) 在钻进上部地层过程中,钻井液中聚合物的质量分数由 0.2% 提高至 0.5%,从而增强钻井液的抑制性,以防止上部地层泥岩吸水膨胀;

2) 使用有机硅醇聚合物钻井液体系,利用硅类处理剂对井壁的封堵作用增强井壁稳定性,控制井径扩大率;利用聚合醇浊点析出的特性,封堵微裂缝,达到防塌和润滑的目的<sup>[8-14]</sup>;

3) 采用纳米防塌润滑剂,它能充填嵌入不规则井壁微裂缝,具有与乳化沥青相类似的作用,封堵迅速,抑制能力强,并能形成较为致密的油膜,阻止破碎地层与水接触,从而起到稳定井壁的作用。

## 5 完井技术措施

该井采用尾管悬挂-筛管顶部注水泥完井工艺。施工程序为:坐挂尾管悬挂器→胀封管外封隔器→打开分级箍→倒扣→循环钻井液→注前置液→注水泥浆→压胶塞→替浆→碰压→上提中心管循环出残余水泥浆→候凝。主要技术措施:

1) 为防止下套管、电测遇阻,要保证钻井液具有很好的润滑性能,起钻前用塑料微珠与植物油封井;

2) 下套管时加装足量的套管扶正器,以保证套管居中,在圆弧段、增斜增方位段使用旋流扶正器和双弓限位扶正器;

3) 下完套管后循环钻井液,充分洗井,清除井壁浮泥饼;

4) 悬挂器坐挂位置在井深 3 200 m 左右,采用刮壁器清理技术套管内壁;

5) 三开套管串结构为洗井阀+套管+封隔器+筛管+封隔器+套管+封隔器+筛管+盲板+套管+两个封隔器+分级箍+套管+悬挂器,该井井身结构如图 2 所示;这种在水平井段不同位置下入两段筛管而中间电阻率较低的可疑层段加管外封隔器的完井方法为投产获得高产提供了保证。

## 6 结论与建议

1) 采用拟悬链线轨迹设计方法设计水平井井眼轨道,可以降低摩阻和扭矩。

2) 选用“PDC 钻头+单弯螺杆+FEWD”的导向钻具组合,有效控制了井眼轨迹,提高了钻井速度,确保了水平井段在油层中合适位置延伸。

3) 提高钻井液的润滑性能和防塌性能,可以降低摩阻,保持井壁的稳定。

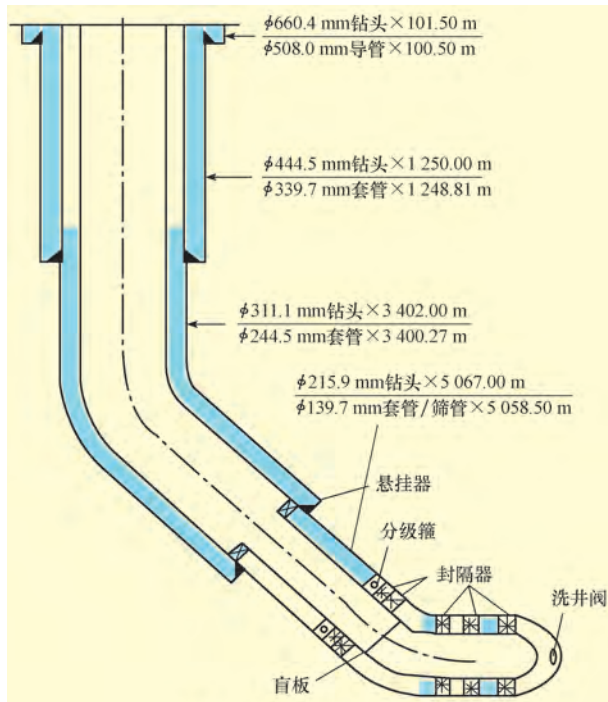


图2 桩147-平1井身结构

4) 在水平段有可能疑层段时,在水平段不同位置下入两段筛管而中间可疑层段加管外封隔器的完井方法,可提高水平井的产能。

## 参考文献

- [1] 胡文. 滩海浅层大位移水平井钻井工艺技术[J]. 西部探矿工程, 2005, 17(9): 157-158, 161.
- [2] 宋执武, 高德利, 李瑞营. 大位移井轨道设计方法综述及曲线优选[J]. 石油钻探技术, 2006, 34(5): 24-27.
- [3] 都振川, 秦利民, 周跃云. 埕北21-平1大位移水平井的设计与施工[J]. 石油钻探技术, 2000, 28(5): 9-11.
- [4] 张宁, 武红卫, 宋玉宽, 等. 大位移延伸井钻井液关键技术讨论[J]. 钻井液与完井液, 2002, 19(1): 41-43.
- [5] 刘昌江. FEWD在胜利油田难动用剩余储量开发中的应用[J]. 石油钻探技术, 2004, 32(1): 40-42.
- [6] 刘希东, 贺昌华. FEWD在阶梯式水平井钻井中的应用[J]. 石油钻探技术, 2002, 30(4): 18-21.
- [7] 沈伟, 谭树人. 大位移井钻井作业的关键技术[J]. 石油钻采工艺, 2000, 22(6): 21-26.
- [8] 李胜, 鄢捷年, 李志勇, 等. 正电聚醇/KCl钻井液体系室内研究[J]. 石油钻探技术, 2008, 36(5): 58-61.
- [9] 王佩平, 曹汉原, 罗恒荣, 等. 一种多功能水基钻井液在临盘油田的应用[J]. 石油钻探技术, 2007, 35(3): 49-52.
- [10] 李志勇, 鄢捷年, 王建华, 等. 新型甲酸盐/正电聚醇钻井液研究[J]. 石油钻探技术, 2006, 34(5): 34-38.
- [11] 樊世忠, 何纶. 国内外油气层保护技术的新发展(Ⅰ): 钻井完井液体系[J]. 石油钻探技术, 2005, 33(1): 1-5.
- [12] 郭保雨. 聚合醇的浊点对钻井液润滑和防塌性的影响[J]. 石油钻探技术, 2004, 32(4): 42-43.
- [13] 郝仕根. 吐哈油田聚合醇钻井液研究与应用[J]. 石油钻探技术, 2002, 30(2): 54-56.
- [14] 罗云凤, 韩来聚, 张妍, 等. 新型海洋环保聚合醇钻井液室内性能研究[J]. 石油钻探技术, 2009, 37(4): 15-18.

[审稿 陈天成]