

# LY1H 井快速钻完井技术

赵小宁, 柳伟荣, 姜慧强

川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司, 陕西 西安 745100

**摘要:** 2024年长庆油田在陇东地区首次部署了一口LY1H井, 探索长73高TOC页岩油出油潜力。为了解决311毫米钻头造斜施工效率低、入窗滑动井段长、炭质泥岩脆弱易垮塌、地层可钻性差、长水平段摩阻扭矩大等施工难点, 本文通过优选钻头和螺杆类型、合理调配钻具组合、使用CQSP-4钻井液、引入自研近钻头方位伽玛精准制导、漂浮下套管等技术, 实现了斜井段稳定增斜入窗、水平段快速钻进、井壁稳定、完井下套管顺利完成, 为后期施工同类井提供了经验借鉴。

**关键词:** 炭质泥岩; 水平井; 垮塌; 近钻头

## Rapid Drilling and Completion Technology of LY1H Well

Zhao Xiaoning, Liu Weirong, Jiang Huiqiang

Chuanqing Drilling Engineering Co., LTD. Changqing Drilling Corporation, Xi'an, Shaanxi 745100

**Abstract:** In 2024, Changqing Oilfield deployed a 1H well in Huanxian County, Gansu province for the first time to explore the potential of long 73 high TOC shale oil. In order to solve the construction difficulties of 311 mm drill bit with low construction efficiency, window sliding well length, carbon mudstone fragile easy to collapse, poor formation drillability, the drilling tools, using CQSP-4 drilling fluid, the experience for the late construction of similar well.

**Keywords:** carbonaceous mudstone; horizontal well; collapse; near the drill bit

## 引言

鄂尔多斯盆地西南地区延长组长7下部普遍沉积的一套高阻泥岩<sup>[1]</sup>, 特征明显、分布稳定, 具区域可比性。其厚度由几米到几十米, 往往由厚层深灰、灰黑色泥岩或碳质泥岩与灰绿色、深灰色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、粉、细砂岩的薄互层、韵律层组成。电性曲线十分突出, 表现为高电阻、高伽玛、低电位的特征。长7段是一套半深湖-深湖相重力流沉积, 具有自生自储、源内成藏的特征, 单砂体厚度薄, 砂地比低, 属典型页岩油。为提高开发利用价值, 2023年集团公司部署了一口2000米长水平段井LY1H井, 目的层为长7<sub>3</sub>, 属于半深湖-深湖相页岩层系发育, 黑色页岩厚度大(>20m)、分布稳定, 有机质成熟度较高(Ro值0.88%)、轻质烃较高(S<sub>1</sub>平均3.9mg/g)、有机碳高(TOC平均15.4%)。

## 一、LY1H井概况

LY1H井是一口三开结构的预探水平井。该井主要目的为探索长73高TOC页岩油出油潜力及水力压裂可改造性, 拓展非常规全新领域, 开展水平井攻关试验, 评价资源可动用情况, 实现该类资源的有效动用。目的层位长7<sub>3</sub>, 设计井深4505米, 水平段长2000米。偏移距18.14米, 靶前距505米。该井实际造斜点井深800米, 入窗点井深2470, 完钻井深4505米, 完钻垂深2222.21米, 水平段长2035米。LY1H井的井身结构如图1所示。

LY1H井一开使用444.5毫米钻头钻穿第四系进入环河组, 下339.7毫米套管封隔疏松黄土层。二开使用311.2毫米钻至入窗点, 下244.5毫米封隔易漏的洛河层、易塌的直罗层、长7易塌凝灰岩。水平段使用215.9毫米钻头钻至完钻, 下139.7毫米产层套管。

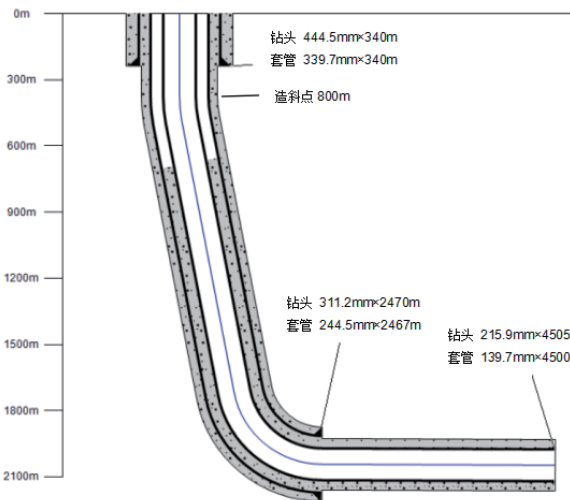


图1 LY1H井身结构示意图

作者简介: 赵小宁(1977.04-), 男, 汉族, 甘肃陇南市人, 工程师, 本科, 研究方向: 石油钻井。

## 二、钻井技术难点

### (一) 311毫米井眼大，滑动钻进、复合钻进增斜率低<sup>[2]</sup>

二开斜井段311毫米井眼，钻头、螺杆外径大、向下垂直力大，钻头增斜侧向力低，增斜困难，需要大段滑动增斜控制轨迹。斜井段全角变化率4°/30米，井斜方位跟上轨迹需求难度大。

### (二) 311毫米井眼环空返速低<sup>[3]</sup>，携砂困难

311毫米井眼存在洛河组，该地层承压能力低，排量过大时易发生井漏<sup>[4]</sup>。排量过小时环空携砂困难。

### (三) 水平段长度大于1500米后定向困难，轨迹控制难度大<sup>[5]</sup>

该井采用水基钻井液体系，摩阻扭矩大<sup>[6]</sup>，水平段施工后期滑动托压现象严重，使用常规定向工具摆工具面时间长、滑动托压严重<sup>[7]</sup>。

### (四) 水平段在炭质泥岩中穿行，易坍塌失稳<sup>[8]</sup>

炭质泥岩在水基钻井液中易发生井壁失稳，尤其是已钻成的井眼，在钻井液长期浸泡下极易坍塌，导致井下事故。

### (五) 无炭质泥岩长水平段完井作业经验，下钻、下套管易遇阻<sup>[9]</sup>

区域内未施工目的层为炭质泥岩的水平井，电测下钻过程中易堵水眼，下钻可能会遇阻，存在卡钻风险。下钻过程中分段循环不及时或开泵未落实小排量易发生井漏。中途顶泵不及时以及中途未落实分段循环，重晶石沉淀堵水眼。下钻遇阻下压吨位过大钻头进入沉淀重晶石或者砂桥内导致堵水眼，卡钻。水平段泥岩坍塌发生卡钻。套管下入时间6-10分钟/根，静止时间长，易发生粘卡<sup>[10]</sup>。水平段长下套管摩阻大，水平段泥岩坍塌，易导致下套管遇阻。

## 三、主要关键技术

### (一) 优选钻头、螺杆，强化钻井参数

二开优选长庆自研钻头 CZS1674E、CZS1686B，匹配228毫米1.5°单弯螺杆、185水力振荡器，提高单只钻头进尺。钻井参数：钻压8-16吨，转数70，排量55L/s，泵压10-13MPa。优选钻具组合： $\phi$ 311.2PDC+228\*1.5°\*306+631\*410+NC50回压阀+178无磁+411\*630+631\*630（仪器悬挂）+631\*410+178钻铤\*5根+127HWDP\*1柱+水力振荡器+127HWDP\*7柱+127DP。

使用该钻具组合，滑动增斜率0.2-0.3°/米，单根滑动4-5米，复合3-4米，可以跟上轨迹需求。斜井段实现两趟钻入窗。如表1所示。

表1 斜井段钻头使用情况

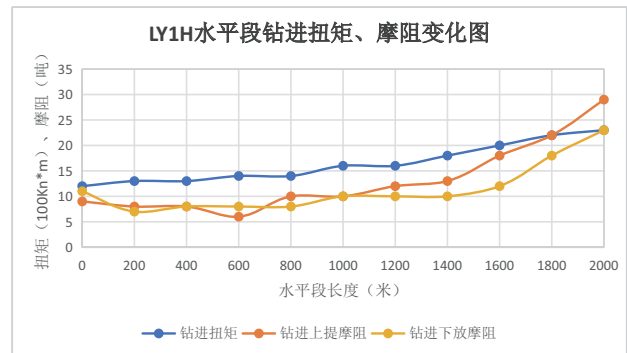
| 序号 | 钻头型号          | 使用井段 (米)  | 进尺 (米) | 纯钻时间 (小时) | 机械钻速 (米/小时) |
|----|---------------|-----------|--------|-----------|-------------|
| 1  | 311mmCZS1674E | 356-1587  | 1231   | 68        | 18.10       |
| 2  | 311mmCZS1686B | 1587-2520 | 933    | 123       | 7.59        |

### (二) 优选钻井液体系

优选抑制性强的复合盐水基钻井液体系 CQSP-4，提高钻井液密度，降低钻井液失水。在钻开直罗组后开始转换钻井液体系，

钻井液性能：密度1.13g/cm<sup>3</sup>，粘度39s。井斜60°达到1.30g/cm<sup>3</sup>。复合盐含量达到40%左右时基本达到饱和状态，后期提密度使用重晶石，入窗密度 $\geq$ 1.36g/cm<sup>3</sup>，失水 $\leq$ 4ml。水平段控制性能： $\rho$ =1.36-1.42 g/cm<sup>3</sup>，FV=36-42s，Pv=15-25mP.s，YP=3-6Pa，FL $\leq$ 4.0ml，PH=8-9。出现渗漏时，原浆中加入云母或KSD-1随钻防堵漏。完钻后提高钻井液性能： $\rho$ =1.40-1.42 g/cm<sup>3</sup>，FV=50-55s，FL $\leq$ 3.0ml，PH=8-9。

中途地质循环时注意保护井壁稳定，循环一周后小排量循环，避免定点大排量冲刷井壁。全井施工过程扭矩平稳、井壁稳定，上提下放正常，未出现井塌等情况，如图2所示。



>图2 LY1H 水平段钻进扭矩、摩阻统计

### (三) 优选水平段钻具组合，提高复合钻进比例

水平段优选自研 SFD65DH 钻头，引入自研方位伽玛导向工具，钻具组合： $\Phi$ 215.9PDC\*0.37m+发射短节\*1m+7LZ $\Phi$ 172\*stab208\*1.25\*6.9m+回压阀\*0.5m+ $\Phi$ 212stab\*1.05m+转换461\*410+接收短节\*2.1m+NDC\*9.28m+NWD上悬挂\*0.95m+3柱加重钻杆+95柱普通钻杆+15柱加重钻杆+普通钻杆。钻具组合示意图如图3所示。



>图3 钻具组合示意图

通过控制钻井参数实现增降斜、控制轨迹，减少水平段1500米以后滑动进尺，水平段实现2趟钻完钻。水平段机械钻速情况见表2所示。

表2 水平段机械钻速情况统计表

| 序号 | 钻头型号           | 使用井段 (米)  | 进尺 (米) | 纯钻时间 (小时) | 机械钻速 (米/小时) |
|----|----------------|-----------|--------|-----------|-------------|
| 1  | 215.9mmSFD65DH | 2520-3919 | 1399   | 103       | 13.58       |
| 2  | 215.9mmSFD65DH | 3919-4505 | 586    | 64        | 9.16        |

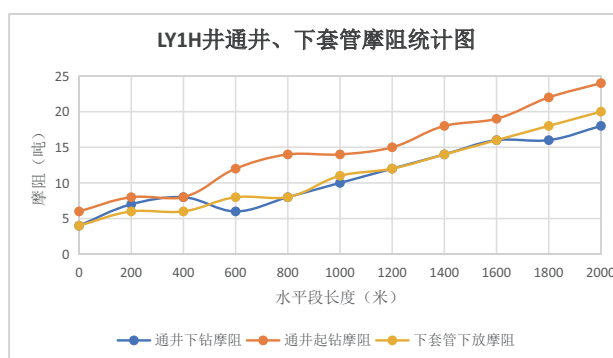
### (四) 优化完井作业方式，使用悬浮下套管技术，确保完井质量

1. 优化电测方式。提前了解电测方式、电测项目、电测趟数、电测仪器厂家，每柱钻具按要求进行通内径，防止钻具水眼内落物，通径销子统一存放，每班安排专人负责，电测期间交接班时落实好交接；电测下钻出技套脚后每下10柱顶泵一次，确保水眼畅通。落实分段循环，技套内分2次循环，在套管脚循环一周将气体排出；水平段分3次循环，每次循环先开转盘再开泵，必须小排量开泵，待返出正常后再逐步提排量循环，循环期间加密

测量进出口密度，加强液面监测，观察好出口返出量。下钻出套管时主动划眼，防止沉淀重晶石堵水眼。下钻有遇阻必须进行短通，保证起下都正常。电测下钻及时记录上提下放摩阻。水平段如有遇阻尽量间歇顶泵将掉块推送至井底，推送至井底后上提一个单根循环，如水平段泥岩掉块未推至井底，短起至入窗点大排量循环带出井筒。

2. 优选通井工具。完井通井时，使用双扶通井（其中下扶正器为倒划眼扶正器），破坏岩屑床。作业前，钻井队工程技术人员准确核对分段循环井深，通井下钻至该井段控制下放速度。落实分段循环，必须小排量开泵，待返出正常后在逐步提排量循环，循环期间加密测量进出口密度，加强液面监测，观察好出口返出量。中途遇阻严禁硬压，严防水平段重晶石沉淀区域堵水眼卡钻，下钻遇阻吨位控制5吨，起钻遇阻吨位控制8吨。水平段短起下2趟，第1趟全程倒划眼起至入窗点，循环一周半后下至井底（中途措施同下钻，井深同第一趟到底循环井深），下到底后再次进行停泵短起验证井下摩阻，下到底后循环处理钻井液，要确保井下正常。处理井筒至正常，无井漏、无井塌。水平段密度1.46g/cm<sup>3</sup>，粘度60s，延缓水平段泥浆稀释。加入润滑剂，水平段润滑剂含量15%的（7%XCS-3+8%PGCS-1），降低摩阻，保证通井起钻时下放摩阻力控制在10吨以内。

通井后上提、下放摩阻分别下降5-6吨。在套管串中部下入套管悬浮器，悬浮水平段套管，降低套管下放摩阻。施工中套管下放摩阻20吨，套管顺利下入。通井下套管摩阻如图4所示。



>图4 LY1H井通井、下套管摩阻统计

## 四、结论与建议

1) 通过优选水基钻井液 CQSP-4 体系，顺利完成了2000米炭质泥岩水平段的 LY1H 井钻井作业。

2) 优选的钻头、螺杆、水力振荡器、倒划眼扶正器、近钻头方位伽玛等工具，助力实现了 LY1H 井的钻井提速。

3) CQSP-4 钻井液体系，具有良好的抑制性、润滑性，能够满足炭质泥岩长水平段对钻井液的要求。

4) LY1H 井的顺利完钻，说明通过优化水基钻井液的性能，采取一定的技术措施，能够替代油基钻井液实施长水平段钻井作业。该井的成功实施，为以后实施同类目的层井积累了一定的经验。

## 参考文献

- [1] 王广利, 李阳阳, 王一帆等. 鄂尔多斯盆地南缘长7 烃源岩地球化学特征与沉积环境 [J/OL]. 中国石油大学学报(自然科学版): 1-13[2023-12-15].
- [2] 胡祖彪, 张建卿, 王清臣等. 长庆油田华 H50-7 井超长水平段钻井液技术 [J]. 石油钻探技术, 2020, 48(04): 28-36.
- [3] 史配铭. 榆阳区块  $\Phi 311.2$  mm 及以上大井眼井段钻井提速关键技术 [J]. 石油工业技术监督, 2024, 40(06): 46-52.
- [4] 谢凌祥, 黄龙, 杨慧壁. 浅析长庆油田洛河组堵漏方法 [J]. 中国新技术新产品, 2012, (12): 124.
- [5] 栗奇. 垦平1 长水平段水平井轨迹控制技术 [J]. 内蒙古石油化工, 2013, 39(18): 98-100.
- [6] 艾磊, 高云文, 欧阳勇, 等. 适用于页岩油钻井的低伤害防塌水基钻井液体系 [J]. 钻井液与完井液, 2023, 40(05): 602-610.
- [7] 刘海涛. 长水平段水平井钻井技术分析与对策 [J]. 西部探矿工程, 2024, 36(07): 57-59.
- [8] 吴晓红, 李云峰, 周岩, 等. 复杂压力系统薄互层致密油藏水平井钻井关键技术 [J]. 钻井液与完井液, 2024, 41(01): 45-52.
- [9] 李文哲, 文乾彬, 肖新宇, 等. 页岩气长水平井套管安全下入风险评估技术 [J]. 天然气工业, 2020, 40(09): 97-104.
- [10] 雷万能, 朱忠喜. 粘吸卡钻的成因及处理 [J]. 内蒙古石油化工, 2007, (11): 84-86.