

泸州区块泸 211 页岩气井侧钻探索与实践

Exploration and Practice of Side Drilling of Lu 211 Shale Gas Well in Luzhou Block

赵远游

Yuanyou Zhao

中石化中原石油工程公司钻井一公司 中国·河南 濮阳 457001

Sinopec Zhongyuan Petroleum Engineering Company Drilling Company 1, Puyang, Henan, 457001, China

摘要: 基于裸眼侧钻存在的问题,对泸州区块通过泸 211 井直改平侧钻段进行施工,总结了一些地层埋藏深、裸眼段长、钻头选型、侧钻工具的选择、钻具组合、参数的优化及轨迹控制等方面的经验教训,以期对以后的侧钻施工有所帮助。

Abstract: Based on the problems existing in the naked eye side drilling, the Luzhou block through lugu 211 well straight flat side drilling construction, summarizes some strata buried deep, naked eye length, drill selection, side drilling tool selection, drilling combination, parameter optimization and trajectory control lessons, in order to help the later side drilling construction.

关键词: 页岩气井;侧钻;探索

Keywords: shale gas well; side drilling; exploration

DOI: 10.12346/etr.v5i11.8745

1 概述

泸 211 井由中原钻井三公司 70330 队施工,原设计为一口页岩气评价井直井,构造位置位于四川盆地川南古坳中隆低陡构造区付家庙构造,其钻探目的是评价川南地区埋深 5000.00m 左右龙马溪组页岩储层品质、含气性及页岩气井产能,进一步落实深层页岩气资源量。本井于 2020 年 6 月 5 日开钻,2020 年 10 月 27 日钻进至井深 4961.00m 直井完钻,完钻层位宝塔组。为深入评价该井距离二级断层不同距离电阻率及含气性的变化规律,评价水平井产能,同时支撑泸 204 井区有利区优选,将本井井型变更为水平井。笔者队先后采取了三次填井侧钻,分别是 1.5° 螺杆定向侧钻、2.5° 弯接头 + 直螺杆定向侧钻、3° 弯接头 + 直螺杆定向侧钻。通过三次裸眼侧钻总结分析,优化钻井工程设计与施工措施,高质量地完成了这口目前最深页岩气水平井。

2 基本情况

2.1 地层构造

地层分层见表 1。

表 1 地层分层表

| 层位 | 设计分层 | | 岩屑井深 | |
|-----------|---------|--------|---------|------------|
| | 井深 /m | 厚度 /m | 井深 /m | 钻厚 /m |
| 沙溪庙组 | 890.00 | 890.00 | 614.00 | 614.00 |
| 凉高山组 | 930.00 | 40.00 | 678.00 | 64.00 |
| 大安寨段~马鞍山段 | 1100.00 | 170.00 | 890.00 | 212.00 |
| 东岳庙段 | 1115.00 | 15.00 | 898.00 | 8.00 |
| 珍珠冲段 | 1210.00 | 95.00 | 998.00 | 100.00 |
| 须家河组 | 1710.00 | 500.00 | 1638.00 | 640.00 |
| 嘉陵江组 | 2265.00 | 555.00 | 2202.00 | 564.00 |
| 飞仙关组 | 2845.00 | 580.00 | 2738.00 | 536.00 |
| 长兴组 | 2885.00 | 40.00 | 2774.00 | 36.00 |
| 龙潭组 | 2995.00 | 110.00 | 2896.00 | 122.00 |
| 茅口组 | 3210.00 | 215.00 | 3274.00 | 378.00 |
| 栖霞组 | 3305.00 | 95.00 | 3372.00 | 98.00 |
| 梁山组 | 3310.00 | 5.00 | 3376.00 | 4.00 |
| 韩家店组 | 3810.00 | 500.00 | 3868.00 | 492.00 |
| 石牛栏组 | 4290.00 | 480.00 | 4402.00 | 534.00 |
| 龙马溪组 | 4765.00 | 475.00 | 4925.00 | 523.00 |
| 五峰组 | 4775.00 | 10.00 | 4931.00 | 6.00 |
| 宝塔组 | 4805.00 | 30.00 | 4961.00 | 30.00 (未穿) |

【作者简介】赵远游(1987-),男,中国河南濮阳人,本科,助理工程师,从事钻井研究。

2.2 井身结构

井身结构示意图见图 1。

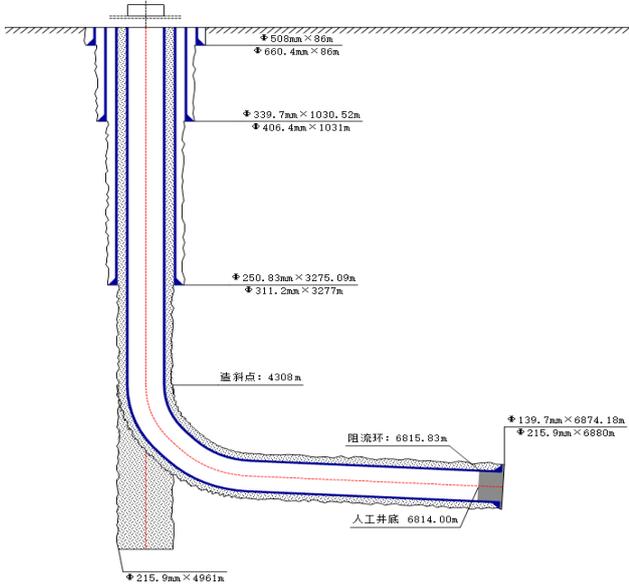


图 1 沪 211 井井身结构示意图

3 施工难点

- ① $\Phi 215.9\text{mm}$ 裸眼段侧点深，地层岩石硬度相对较大，可钻性差；
- ② 地层压力高，地层温度高，泥浆密度高，液柱压力大；
- ③ 老井眼井径大，使得造斜钻具失去有力支撑点，钻头切削地层的侧向力弱；
- ④ 井下情况复杂，严格执行操作规程，保证井下安全，避免发生井下故障。

4 技术对策

- ① 侧钻时要操作平稳，防顿防溜，送钻均匀，控时钻进，因地层可钻性差，第 1.00m 控时 4h，根据返砂情况及时控制钻时，防止因钻压不均匀导致工具面变化影响定向侧钻效果。
- ② 地层压力高，使用旋转防喷器。安装旋转防喷器后，老井眼使用钻井液密度 $2.34\text{g}/\text{cm}^3$ ，降低钻井液密度至 $2.15\text{g}/\text{cm}^3$ 进行侧钻作业。
- ③ 对入井工具严格检查，尤其是对井下动力钻具及弯接头严格检查，不仅在井口进行试运转，而且按厂家推荐的轴向间隙标准进行检验，避免不符合标准要求的动力钻具入井，以免造成井下故障。
- ④ 使用单弯螺杆和弯接头 + 直螺杆，加强支撑，增加造斜能力，使用无线随钻测斜仪器监测控轨迹，定时捞砂分析，与轨迹计算综合判断井下情况。
- ⑤ 严格按照井下故障预防与处理双十条操作。

5 侧钻作业

5.1 侧钻前期准备

5.1.1 工具准备

① 侧钻工具、仪器准备。侧钻工具包括井底动力钻具、无磁钻铤或无磁承压钻杆、定向接头、弯接头、稳定器。根据所选的定向侧钻方法及侧钻点位置井较深、地层较硬，可钻性差等情况，结合实际施工造斜工具造斜能力的预测和控制全角变化率的需要，先采用 1.5° 弯螺杆作为井底侧钻工具，根据实际侧钻效果是否使用直螺杆 + 弯接头侧钻。

定向仪器：选用无线随钻测斜仪监测井斜、方位、工具面。

② 钻柱准备。钻柱包括钻铤、钻杆、随钻震击器等。钻杆、钻铤的规格、数量符合设计要求。

5.1.2 井筒准备

① 注水泥塞。下光钻杆进行填井注水泥。

② 水泥塞质量要求。水泥塞必须保证水泥塞质量，胶结和承压能力良好，有利用定向侧钻施工。水泥塞候凝 72h，钻具复合扫塞至 4330.00~4400.00m 位置做水泥塞承压试验，钻具静止承压不小于 100kN，水泥塞下沉不超过 5cm。

5.2 侧钻施工

5.2.1 技术措施

- ① 侧钻点的选择，根据甲方要求，侧钻点选择在 4330.00~4400.00m，根据井内实际情况选择有利于侧钻施工。
- ② 探到塞面后做承压试验，静压 150kN 为合格。
- ③ 侧钻钻头的选型。对于软地层、可钻性好的地层选用牙轮钻头。对于硬地层、研磨性强的地层选用 PDC 钻头。实钻数据显示 4400.00m 为石牛栏组底部，4402.00m 为龙马溪组，石牛栏底部绿色页岩为主夹薄层灰岩，研磨性较强，选用 PDC 钻头。
- ④ 下钻出套管后控制下钻速度，防止突然遇阻，造成卡钻。
- ⑤ 调整好钻具，侧钻时使用双根，校准好井深及方入，控时钻进，第 1.00m 控时 4h，送钻均匀，禁止溜钻、顿钻^[1]。
- ⑥ 侧钻开始时调整好工具面以后保持工具面稳定定点控时钻进，同时对钻井液进行净化处理，以保证侧钻过程中具有良好的泥浆性能，增强泥浆的携砂和稳定井壁的能力。
- ⑦ 侧钻控时钻进时钻压控制在 0kN~3kN，侧钻过程中保持钻压稳定，防止因钻压不稳定导致工具面变化影响侧钻效果，钻压的调整根据实钻效果适时调整。
- ⑧ 定向侧钻过程中，记录好钻井，每钻进 0.50m 捞砂一次，及时观察返出砂样变化，做好砂样元素分析，在确认已钻出新井眼后，再慢慢加压钻进，同时通过随钻测斜仪随时进行监测井眼井斜、方位的变化及井下动力钻具工具面的位置，根据钻进效果适时进行调整。
- ⑨ 按照侧钻剖面设计，控制好工具面钻进。由于井斜小，在井眼轨迹控制过程中要注意工具面的类型，是采用的重力工具面还是磁性工具面。

⑩侧出新井眼的夹壁墙超过1.50m起钻。

5.2.2 施工情况

①第一次侧钻。

钻具组合： $\Phi 215.9\text{mm YAbit} \times 0.30\text{m} + 1.5^\circ \text{LG} \times 8.12\text{m} +$ 止回阀 $411 \times 410 \times 0.5\text{m} + \Phi 127\text{mm NHWDP} \times 9.44\text{m} +$ 定向短节 $\times 2.01\text{m} + \Phi 127\text{mm HWDP} \times 128.53\text{m} +$ 曲性长轴 $\times 3.37\text{m} +$ 随钻震击器 $\times 6.51\text{m} + \Phi 127\text{mm HWDP} \times 18.58\text{m} +$ 旁通阀 $\times 0.50\text{m} + \Phi 127\text{mm DP} \times 2725.13\text{m} + 411 \times 520 \times 0.47\text{m} + \Phi 139.7\text{mm}$ 钻杆。

钻井参数：钻压 0kN 、转速 0r/min 、排量 28.5L/s 、泵压 31.5MPa 。

泥浆性能：密度 2.29g/cm^3 、黏度 62s 、高温高压失水 2.2mL 、滤饼 2mm 、 ϕ_{600}/ϕ_{300} 读数 $144/76$ 、 ϕ_{200}/ϕ_{100} $54/31$ 、 ϕ_6/ϕ_3 读数 $6/5$ 、塑性黏度 72Pa 、动切力 4Pa 、 G_1/G_{10} 读数 $3/4.5$ 、碱度 1.2 、 $\text{CL} 16000\text{mg/L}$ 、 $\text{ES} 768\text{V}$ 、固含 46% 、油 45% 、水 9% 、油水比 $83 : 17$ 、含砂 0.2% 。

施工情况：回填井段 $4961.00\text{--}4350.00\text{m}$ ，扫塞至 4387.00m 做承压 15t ，稳不住，继续扫塞至 4403.00m ，承压 20t ，做两次承压钻具位置差 0.15m ，结合扫塞情况，基本不起钻压，返出的岩屑很软，第一次侧钻失败^[2]。

②第二次侧钻。

钻具组合： $\Phi 215.9\text{mm PDC} \times 0.23\text{m} + \text{LG} \times 0^\circ \times 8.11\text{m} +$ 弯接头 $2.5^\circ \times 0.50\text{m} +$ 止回阀 $\times 0.43\text{m} + \Phi 127\text{mm NHWDP} \times 9.44\text{m} +$ 定向短节 $\times 2.01\text{m} + \Phi 127\text{mm NHWDP} \times 9.10\text{m} + \Phi 127\text{mm HWDP} \times 138.01\text{m} +$ 曲性长轴 $\times 3.37\text{m} +$ 随钻震击器 $\times 6.51\text{m} + \Phi 127\text{mm DP} \times 9.50\text{m} + \Phi 177.8\text{mm}$ 旁通阀 $\times 0.50\text{m} + \Phi 127\text{mm DP} \times 2984.24\text{m} +$ 转换接头 $411 \times 520 \times 0.47\text{m} + \Phi 139.7\text{mm DP}$ 。

钻井参数：钻压 $0\text{kN}\sim 10\text{kN}$ 、转速 0r/min 、排量 25L/s 、泵压 27.5MPa 。

泥浆性能：密度 2.34g/cm^3 、黏度 58s 、高温高压失水 2.0mL 、滤饼 0.5mm 、 ϕ_{600}/ϕ_{300} 读数 $190/102$ 、 ϕ_{200}/ϕ_{100} 读数 $73/41$ 、 ϕ_6/ϕ_3 读数 $7/5$ 、塑性黏度 88s 、静切力 $3/7\text{Pa}$ 、碱度 3.1 、 $\text{CL} 30000$ 、 $\text{ES} 1555\text{V}$ 、固含 48% 、油 47% 、水 5% 、油水比： $91:9$ 、含砂 0.2% 。

施工情况：回填井段 $4461.00\text{--}4345.00\text{m}$ ，扫塞至 4389.00m ，做承压试验 15t 合格，开始控时侧钻，工具面 300° ，根据返砂情况降低控时时间，钻进至井深 4403.00m ，工具面由 300° 跑至 10.4° 因稳不住工具面，回到老井眼，重新侧钻，侧钻点 4403.00m ，侧钻至井深 4408.00m 工具面未动，上提下放，回到老井眼，重新侧钻，侧钻点 4408.00m ，侧钻至井深 4423.00m ，逐渐加上钻压 30kN ，稳定钻压钻进至井深 4425.00m ，钻压突然回零，回到老井眼。

③第三次侧钻。

钻具组合： $\Phi 215.9\text{mm PDC} \times 0.23\text{m} + \text{LG} \times 0^\circ \times 8.11\text{m} +$ 弯接头 $3^\circ \times 0.45\text{m} +$ 止回阀 $\times 0.43\text{m} +$ 转换接头 $411 \times 4A10 \times$

$0.47\text{m} + \Phi 165.1\text{mm NDC} \times 8.14\text{m} +$ 定向短节 $\times 2.01\text{m} +$ 转换接头 $411 \times 4A10 \times 0.49\text{m} + \Phi 165.1\text{mm DC} \times 27.04\text{m} +$ 转换接头 $4A11 \times 410 \times 0.46\text{m} + \Phi 127\text{mm HWDP} \times 37.12\text{m} +$ 曲性长轴 $\times 3.37\text{m} +$ 随钻震击器 $\times 6.51\text{m} + \Phi 127\text{mm DP} \times 9.5\text{m} + \Phi 178\text{mm}$ 旁通阀 $\times 0.5\text{m} + \Phi 127\text{mm DP} \times 2984.24\text{m} +$ 转换接头 $411 \times 520 \times 0.47\text{m} + \Phi 139.7\text{mm DP}$ 。

钻井参数：钻压 $0\text{kN}\sim 20\text{kN}$ 、转速 0r/min 、排量 28.5L/s 、泵压 31.5MPa 。

泥浆性能：密度 2.25g/cm^3 、黏度 53s 、高温高压失水 1.7mL 、滤饼 0.5mm 、 ϕ_{600}/ϕ_{300} 读数 $146/79$ 、 ϕ_{200}/ϕ_{100} 读数 $56/33$ 、 ϕ_6/ϕ_3 $6/5$ 、塑性黏度 65Pa 、动切力 6.5Pa 、 G_1/G_{10} 值 $2.5/5\text{Pa}$ 、碱度 3.4 、 $\text{CL} 26000\text{mg/L}$ 、 $\text{ES} 1567\text{V}$ 、固含 45.5% 、油 47% 、水 6% 、油水比 $89 : 11$ 、含砂 0.2% 。

施工情况：回填井段 $4470.00\text{--}4129.00\text{m}$ ，下入钻具组合进行扫塞，扫塞过程中， $4184.00\text{--}4279.00\text{m}$ 放空，扫塞到 4308.00m ，做承压试验 15t 合格，开始控时侧钻，工具面摆在 60° ，根据返砂情况降低控时时间，侧钻至井深 4316.00m 返砂量逐渐增多，侧钻至井深 4338.00m ，侧钻成功。

6 认识及建议

①做好侧钻前的准备工作，特别是水泥塞的施工。水泥浆塞质量的好坏，对裸眼侧钻成功率影响较大，为侧钻施工提供一个准确、稳定的侧钻位置^[3]。

②优选侧钻点，侧钻点的选择是决定侧钻作业成功与否的关键。

③选择合理的钻具组合及钻井参数是获得井眼轨迹的基础。

④在侧钻过程中工具面尽量保持稳定，特别是在摩阻释放造成工具面大幅度变化时要及时调整。长时间慢速钻进可能造成粘附卡钻，而侧钻又要求尽量保持工具面钻进，因此要从钻压和工具面变化情况上判断是否需要活动钻具，以保证井下安全。

⑤在深井、硬地层，优先选用以侧位移为主，侧向力为辅的弯接头配合直螺杆进行侧钻。

⑥加强捞砂，以便分析侧钻效果，使用岩性分析测量 Ca^{2+} 离子含量，能够准备判断井下情况。

参考文献

- [1] 李成. 延长油田陆相页岩气复杂地层水基钻井液优化及应用[J]. 非常规油气, 2023(6).
- [2] 吴若宁. 特低渗油藏钻井过程中储层损害机理及对策[J]. 非常规油气, 2022(5).
- [3] 王文雄. 不同岩性致密砂岩水锁伤害深度实验研究[J]. 非常规油气, 2022(8).