

Jiqing Shale Oil Drilling Drilling Technology is Applied in Well Jhw 17-45

Dongxu Zhang¹ Donglai Yu² Jianjun Zhu² Lian Qiao² Qinghua Niu¹

1. Northwest Project Department of Great Wall Drilling Company, Panjin, Liaoning, 124010, China

2. Xinjiang Oilfield Company, Karamay, Xinjiang, 834000, China

Abstract

In recent years, with the progress of exploration technology and the increase of energy demand, the reserves and production of shale oil and gas have increased year by year. The drilling industry has accumulated rich experience in this process, especially in dealing with complex geological conditions and construction problems. For example, in the drilling of Jiqing shale oil block, the challenges include the drilling fluid pollution of the surface salt layer, the collapse caused by the strong lithologic water sensitivity of the second well section, the coexistence of leakage collapse, the complex underground well network, and the serious interference of water intrusion in fracturing drilling at the same time. To meet these challenges, a series of measures were taken, including optimizing drilling fluid performance, refining construction schemes, and optimizing drilling tools. In the application of JHW 17-45 well, these measures improve the drilling cycle, which provides a useful reference for the construction of horizontal Wells in similar blocks.

Keywords

drilling speed; horizontal well; leakage collapse; water intrusion; drilling fluid performance

吉庆页岩油优快钻井技术在 JHW17-45 井应用

张东旭¹ 于东来² 朱建军² 乔梁² 牛庆华¹

1. 长城钻探钻井二公司西北项目部, 中国·辽宁 盘锦 124010

2. 新疆油田公司, 中国·新疆 克拉玛依 834000

摘要

近年来, 随着勘探技术的进步和对能源需求的增加, 页岩油气的储量和产量逐年增加。勘探行业在这一过程中积累了丰富的经验, 尤其是在处理复杂地质条件和施工难题方面。例如, 在吉庆页岩油区块的钻探中, 面临的挑战包括表层膏盐层钻井液污染、二开井段岩性水敏性强导致的坍塌、漏层塌层共存、井下井网错综复杂以及压裂钻井同时施工水侵干扰严重等问题。为了应对这些挑战, 采取了一系列措施, 包括优化钻井液性能、细化施工方案、优选钻工具等。并在JHW17-45井的应用中, 通过这些措施提高了机械钻速、缩短了钻井周期, 为类似区块的水平井优化施工提供了有益的参考。

关键词

钻井提速; 水平井; 漏塌并存; 水侵; 钻井液性能

1 引言

水平井钻井提速是一个复杂的系统工程, 涉及到众多因素。从施工情况来看, 影响水平井钻井提速的因素主要包括地质特征、钻井工具的选择、钻井液性能以及压裂施工等。以吉庆页岩油吉 179 井区 JHW17-45 井为例, 该井在施工过程中遇到了膏盐层、漏层、塌层、压裂水侵层等复杂情况, 这些都是钻井过程中需要特别关注和处理的问题。针对这些问题, 采取相应的技术措施, 如优化钻井轨迹、使用高性能的钻井工具和钻井液等, 以提高钻井速度和效率。同时, 借鉴国内外的研究成果和实践经验, 不断优化和完善钻井技

术, 提高了该井的钻井速度^[1]。

2 施工难点

2.1 表层易垮塌, 膏盐层污染

吉庆作业区一开深表层, 穿越多个层系, 施工表现: 一是第四系未成岩, 300m 前砂岩疏松、易塌、窜漏、井眼扩大率较大; 二是新近系、古近系膏质、灰质泥岩发育, 易造成钻井液污染、井眼缩径, 区域施工普遍存在起下钻阻卡严重, 划眼困难, 环空憋堵卡钻等问题; 三是侏罗系泥岩较发育, 水敏性强, 易水化膨胀和分散, 导致井眼产生掉块甚至垮塌; 四是表层 311.2mm 井眼、可钻性好、机速快给钻井液维护带来困难。

2.2 漏塌并存, 施工风险高

二开在侏罗纪西山窑组、八道湾组煤层以及二叠系非

【作者简介】张东旭(1989-), 男, 满族, 中国辽宁铁岭人, 本科, 助理工程师, 从事石油工程研究。

菜园组至梧桐沟组井段时，由于这些地层的特殊性质，钻井过程中会遇到一些特定的挑战。煤层易漏易塌，而泥岩层则容易水化膨胀，导致井壁垮塌。这种“上漏下塌”的情况在钻进过程中容易导致卡钻等事故复杂。

2.3 井下井网错综复杂

油田开发过程中，为了实现油气的有效开采储层，需要在地下构建一个复杂的井网系统。吉庆页岩油亦是如此。如 JHW17-45 井，属于老平台加密井，此类井储层岩性裂缝多甚至破碎，漏失和水侵较高。页岩油气区块通常具有低孔低渗特点，水平井和压裂技术是开发此类储层的两大核心技术。随着吉庆页岩油区块几年的持续滚动开发，“钻”“压”“同时”“同层”势在必行。此条件下，井下地质情况变得复杂，压力异常、岩层破碎、地层裂缝、水侵干扰漏失等问题严重影响钻井提速作业。

2.4 全井段轨迹控制

在梧桐沟底部砂砾薄层之间的不整合带，以及水平段储层薄且存在褶皱的地质条件下，钻井施工面临井斜和方位控制困难。造斜定向施工难度大^[2]；钻遇率对钻进轨迹精度要求较高；且储层上下存在盖层，钻头接触后磨损严重；长裸眼段的摩擦扭矩大；水平段由于钻具托压定向钻进困难，复合钻进增斜，稳斜效果不易掌握等问题严重制约了施工进度。

3 施工技术措施

3.1 表层合理储备钻井液，适时转换钻井液体系

针对吉庆作业区开发中表层遇到的施工问题，JHW17-45 井通过下述措施和技术创新，有效应对吉庆作业区页岩油开发中的挑战，推动页岩油不断优化和创新技术。

①表层易垮塌和窜漏问题：在施工前，应给予聚合物和膨润土充分的水化时间，以增强钻井液的护壁效果。同时，弃用导管通过砂泵建立地表循环，减少环空液柱高度，从而降低管鞋处的压力，减少井漏和窜槽的风险。控制钻井参数，减少对井壁的冲刷，有助于钻井液在渗透性好的砂岩地层形成致密的泥饼，降低钻井液的出口循环密度（ECD），减少井漏和窜槽的可能性。

②钻井液污染问题：提前配置好转换钻井液，当钻至泥岩层时，立即将钻井液体系转换为复合盐体系。在施工期间，监测并维持氯化钾含量不低于 8.5%，氯离子含量不低于 100000mg/L，FA-367 按 1% 添加，对于膏岩层段施工时，FA-367 的添加量可提高至 1.5%。这种性能的钻井液既可以防止钻井液污染，也能抑制侏罗系泥岩的水化膨胀和分散，减少井眼掉块和垮塌的风险。同时，配合大排量冲刷可以有效携砂，防止井筒岩屑吸附，控制施工风险，实现提速。

③水敏性强的膏、泥岩：对于侏罗系泥岩，水敏性强，易水化膨胀和分散，导致井眼产生掉块甚至垮塌。可以通过使用抗水敏性强的钻井液和添加剂，减少泥岩与水接触后的反应，从而降低井眼垮塌的风险。

④钻井液维护困难：对于表层 311.2mm 井眼，虽然可钻性好、机速快，但给钻井液维护带来困难。可以通过实时监测井下的流体动态和钻井参数变化，确保钻井液液性满足施工要求，严禁盲目施工。

JHW17-45 井一开指标对比见表 1。

表 1 JHW17-45 井一开指标对比

井号	一开井深 m	一开纯钻 时间 h	一开钻速 m/h	一开钻井周期 d
区域平均值	1794.28	40.90	43.87	2.95
JHW17-45 井	1763.00	24.00	73.46	1.25
对比	-31.28	-16.90	29.59	-1.70

3.2 油基钻井液性能调整，养漏防塌

①堵漏材料的选择与应用：在油基钻井液中，常用的堵漏材料包括随钻堵漏剂、橡胶颗粒、刚性颗粒、凝胶微球和纤维等。尽管这些材料在实际应用中堵漏效果可能有限，但可以通过优化钻井液性能和钻井参数来提高防漏堵漏效果。

②降低环空 ECD：在易漏失的煤层及水平段裂缝发育地层中，可以通过降低环空当量密度（ECD）来减少漏失风险。通常优化钻井液密度和 PV 值等参数，降低井眼液柱压力、循环压耗。通过排量、钻速、转速以及短起下措施方案的优化，提高井眼清洁效率。降低漏失风险同时保证井眼清洁效率，快速通过漏层，以后期钻进期间添加随钻堵漏剂养护来完成封堵，逐渐提高承压能力。例如，最近施工的 JHW17-45 井钻进至水平段出现漏失，漏速 3~4m³/h，通过降排量和密度快速钻穿漏层，通过补充随钻堵漏剂、纤维、纳米封堵剂、沥青等封堵材料成功解决了漏失问题。

③化学支撑和提高钻井液封堵性^[3]：对于二叠系水敏性强的泥岩地层，选择放弃物理支撑方案，转而采用化学支撑和提高钻井液封堵性。从化学封堵防塌着力，以不同目数超细钙+2%~3%天然沥青干粉+1%微纳米封堵剂 ZK-601，通过提高钻井液的润湿性和矿化度来构建广谱封堵防塌体系。该体系可以有效提高井壁稳定性，不仅解决了起下钻遇阻划眼复杂。同时释放密度空间，降低漏失风险。

④钻井液性能优化：在钻井液中添加特定的添加剂，如抑制剂，降低油基失水，抑制泥岩的水化作用，减少井壁垮塌的风险。同时，通过优化钻井液配方，提高其在高温高压条件下的稳定性，提高抗污染能力。

3.3 预防为主，提高钻井液抗水侵能力

压裂与钻井同步施工，井下窜通问题是常见且复杂的。尽管井下窜通往往是不可抗拒的，但通过一系列的预防和监测措施，可以尽量降低其发生的风险和影响。

①地质工程一体化：通过强化钻井与地质部门之间的沟通协调，预判地层流体的大致走向，实现风险规避。通过精细刻画中小尺度裂缝，建立多尺度裂缝三维空间分布模型，设计井眼轨道时避开风险地带，进行钻前风险提示，指导钻井作业采取相应的防范措施。

②主动预防：在进入风险层位后（A点后，储层内），提前调整钻井液配方，提高油水比至 85 : 15 以上，增加电稳定性（ES）至 1000v 以上，碱度提至 3.0 以上，矿化度盐含量提至 30% 以上，使钻井液具有良好的流变性、抑制性、抗污染能力和润滑性，同时增强钻井液的封堵性和稳定性，降低水侵风险。

③及时发现和处理：协调录井、钻井液三方共同监测液面总量、出口流量、全烃值及钻井液性能变化。这需要实时监测钻井液的油水比、密度、流变性能、ES 值和氯离子等关键参数，以便及早发现和应对井下复杂情况。

3.4 优选工具仪器，保证轨迹平滑，提高储层钻遇率

①钻具组合优化：使用钻头 +172mm × 210 扶 × 1.25° 单弯螺杆 + 无磁钻铤 + 钻铤 5 根 + 钻杆的组合，这种配置可以充分利用地层条件，增加复合钻进占比，提高钻井效率。无磁钻铤的使用可以为磁性测量仪器创造无磁环境，保证井眼轨迹测量信息的准确性。

②增斜与稳斜控制：在一次造斜点后，通过地层倾角及倾角方向进行增斜，实现 3000m 前整个稳斜段全复合钻进。这样可以减少滑动钻进比例，提高钻头的使用寿命和机械钻速。

③二次造斜点策略：到达二次造斜点后，优选旋转导向工具，实际轨迹走设计轨迹上线，为自然降斜井段留足调整空间。这样可以避免因造斜率不足而导致的施工困难。

④与地质导向师的协同工作：在水平段施工中，与地质导向师合作，提前预判地层倾角及褶皱，减少出层概率，保护钻头，提高机速。地质导向师的关键作用在于准确预测和实时调整井眼轨迹，确保钻井作业的精确性和安全性。

⑤钻井液和支撑剂优化：选择适合地层的钻井液和支撑剂，以减少钻具与井壁的摩擦，降低钻压，减少磨损。同时，优化支撑剂的选择和用量，以提高裂缝导流能力和储层改造效果。

⑥钻井参数优化：通过优化钻井参数，如钻压、转速和钻井液流量，来提高钻井效率并减少钻头磨损。

4 应用效果

JHW17-45 井在施工中取得了显著的成绩，其水平段黄金靶体钻遇率达到了 90%，这是一个非常高的指标，表明钻井轨迹与预期目标的匹配度非常好。全井平均机速为

27.59m/h，说明在钻进过程中效率较高，这个速度在吉庆钻井作业中也名列前茅。钻井周期为 21.0 天，钻完井周期为 24.75 天，与区块平均数据相比，钻井周期降低了 8.32 天，钻完井周期降低了 10.63 天，这些数据表明 JHW17-45 井施工效率和速度都有了显著提升。

JHW17-45 井完井指标对比见表 2。

表 2 JHW17-45 井完井指标对比

井号	完钻井深 m	水平段 m	钻井 工期 d	钻完井 周期 d	全井段钻速 m/h
区域平均	5771.98	1659.11	29.32	35.38	18.14
JHW17-45	5609.00	2009.00	21.00	24.75	27.59
对比	-162.98	349.89	-8.32	-10.63	9.45

5 结论与建议

①开钻前准备工作至关重要，确保钻井液中的药品完全水化，以便其能够有效地发挥作用。在砂岩层段，应使用聚合物体系钻井液，并配合低参数钻井，以防漏窜和保证携砂能力。在泥岩层段，应采用复合盐体系钻井液，优化钻井液性能，并配合大排量施工，以提高表层钻井速度。

②在造斜段和直井段施工时，应充分利用油基钻井液的优势。通过钻井液的化学支撑和封堵性，控制环空当量循环密度（ECD），以达到防漏塌、养护地层和抑制掉块的目的。

③在水平段施工时，要注意“钻”和“压”的相互干扰。应以预防为主，及时发现问题为首要任务。通过施工前期的调查和风险预判，施工时做好风险防控，以确保施工安全和效率。

④全井施工应以提高钻遇率为目标，通过优化钻井轨迹、优选钻具组合、优化导向仪器等措施，实现提速提效。

参考文献

- [1] 郭亮,邹荣,王维良,等.新疆吉木萨尔页岩油水平井钻井关键技术[J].西部探矿工程,2016(11).
- [2] 李焱坤,宋朝晖,高飞,等.昌吉油田致密油长水平段水平井优快钻井技术[J].西部探矿工程,2017(7).
- [3] 李强.苏里格区块小井眼开窗侧钻水平井钻井技术[M].北京:中国石油石化,2016.