

技术

责任编辑:李佳欣
电话:59963261
邮箱:
jijx@sinopec.com
审校:张春燕
版式设计:王强

一体化攻关超长水平段钻井技术 破解“少井高产”密码

江汉油田:“强装备+优技术”打造页岩气开发“新样板”

□谢江 王斌 黄迪箫 赵春

11月7日,江汉油田涪陵页岩气田焦页44-Z5HF井完成压裂、连续油管钻塞等作业,顺利完工。该井完钻井深8517米、水平段长5442米、钻井周期53.88天,树立了页岩气高效开发的新标杆。在此过程中,江汉油田统筹规划,树立开发新标杆;江汉石油工程直面挑战,破解超深井施工难题;经纬公司创新导向技术,保障轨迹精准中靶;石化机械从源头介入,定制钻头钻具一体化方案。四家单位深度融合、系统创新,共同铸就了页岩气高效开发的“新样板”。

焦页44-Z5HF井顺利完钻,有力促进了涪陵页岩气田提高储量动用程度和采收率,实现长期稳产目标,为页岩气高效开发提供“新样板”。此举不仅验证了工程极限施工能力,更深度践行了“少井高产”开发理念,有效提升了单井EUR(估算的最终可采储量)指标。

超长水平井技术持续迭代 支撑钻井方案实现最优

要想成功实现超长水平段钻进目标,井位选择是关键。

水平段超过3000米就是超长水平井。在江汉油田涪陵工区,经过10余年的技术迭代,超长水平井数量非常多,江汉油田积累了大量的技术储备,施工能力、现场经验,并形成一套选井技术标准。2022年底,涪陵页岩气田焦页18-S12HF井水平段达到4286米,刷新当时页岩气水平段国内纪录。

“我们不仅有信心,更有实力和优势。”江汉油田工程技术管理部经理张玉强介绍。在焦页44-Z5HF井设计之初,他们牵头组织地质、钻井、压裂、安全等专业的权威专家进行5000米以上水平段施工可行性论证,基于随钻测录一体化、井下工况实时诊断、钻机机动力动态评估等技术,对地质构造、井筒状况、工具仪器状态及钻机负荷余量进行系统分析,一致认为具备地质条件、技术可行且风险可控,因此首次设计5000米以上水平段的页岩气水平井。张玉强介绍,井位选择时,地质上要求地层走向比较平缓,不能有太多太大的波浪,更不能有断层,根据地质人员利用建模数模一体化技术构建的“透明”气藏模型,最终优选出焦页44号区块的龙马溪组下部优质页岩层,敲定了井位。

地质上满足条件,钻井工程施工能否达到要求也是方案需要考虑的一环。技术人员利用数值模拟与动态推



江汉油田涪陵页岩气田员工在钻井施工现场检查。

李东勇 摄

演技术,模拟方案的可行性,优化井眼轨迹与钻井参数,让方案达到最优。

“水平段太长,出现不可预见异常,处理起来难度系数很大。”江汉油田产建管理中心钻井专家代永波介绍。在3000多米的水平段施工中,有很多经验或方法,而此次水平段长度以前没有施工过,无处理经验,如果出现异常情况,导致工程施工复杂,应该如何处置?不仅是钻井施工,压裂施工是否有配套的设备、工艺,可以完成压裂和试气?

面对这些难题,江汉油田技术团队集思广益、大胆假设、小心求证,全面分析邻井资料,运用地质工程一体化智能预警技术,进行细致风险评估,多次研讨优化,通过反复推演与多方案比选,最终形成钻井工程方案。

超深井高性能装备配套技术 满足极限施工需要

工欲善其事,必先利其器。为顺利完成本次钻井施工,江汉油田依托超深井高性能装备配套技术,形成“强动力-精控固-智操控”三位一体配套技术体系,提升超深地层钻探动力和钻井液净化能力,实现超5000米长水平段高效钻进。

该技术明确超长水平段延伸的设备选择标准,要求施工方优选装备和配套设施。

水平段施工中,钻具更长导致井下摩擦阻力增加,影响正常钻进。江汉油田加强攻关,迭代升级水平段降

摩减阻技术,优化钻具组合及清砂短节布局,强化随钻清砂并实时监测岩屑浓度、分段循环清砂,降低摩擦系数,保障超长水平段钻具安全,应用“扶正器优化+减阻剂”,解决套管下入摩阻大的难题。

钻井液性能直接与井下摩擦阻力挂钩,必须在降低井下摩擦阻力上想办法。江汉油田应用高性能润滑钻井液技术,要求施工中加强钻井液性能控制,优化钻井液配方,达到延伸钻进长度目的,满足钻井方案设计。

“8000多米的井深,钻屑能不能携带出来,关系着钻进能否顺利进行。”代永波说,通过水力参数优化与携岩效率模拟技术,根据井眼、钻具尺寸、转速等条件下的携岩排量,得到相应井深条件下的泵压和泵功率,给出泥浆泵排量的具体参数,方便施工方选择合适的泥浆泵设备,让井底钻屑随着钻井液从井底循环出来。

同时,江汉油田利用固控系统技术分析,得出固控设备的所需配置,整体加装负压振动筛,增加振动筛筛布的目数,控制钻井液循环系统中微小颗粒有害固相,避免其流入钻井液,增加摩擦阻力,进而提升钻井液流动性。

不仅是钻具和钻井液,导向工具、钻机顶驱配置、地面工具设备、井下作业工具等配套硬件,每个都优中选优,

为施工打造精良“武器库”,有力保证施工顺利进行。

科学钻井优快技术加持 打得快、打得好

水平段初期的施工质量,对后面延伸起到关键作用。

在即将进入水平段施工的时候,团队每天上午定时讨论,工程、地质、科学钻井、监督、施工等方面的人员在一起使用科学钻井平台和软件对前一天的施工进行总结,对当日可能钻遇的地层进行研判,安排当日的工作。

针对超长水平井裸眼井段长、地层薄弱点多、受邻井压裂造缝影响等特点,技术团队成功应用微纳米预封堵防塌技术,通过优选不同粒径刚性封堵材料,复配超级石墨、水溶性沥青等可形变坍塌材料,实现井壁纳米-微米-毫米全粒径致密封堵;优选一体式乳化剂、液体降滤失剂、流型调节剂等高效处理剂,确保超长水平段施工井壁稳定。

在施工至水平段5084米时,遇到突发情况,钻井液发生细微的漏失,在下达停工指令后,江汉油田组织现场和后方的各路专家,通过“线上+线下”的方式分析原因,认为这次漏失风险较小,在可控范围内,采取随钻堵漏技术,加随钻堵漏剂,紧盯参数变化,摸索着边钻进边观察,最终漏失情况消失,因为异常发现及时,处置得当,钻进得以继续顺利进行。

“除水平段延伸外,还要保证轨迹平缓,兼顾穿行率,为后期压裂改造储层提供良好的条件。”张玉强说。应用三维长水平段井底摩阻轨道设计方法,结合水平段地层产状、防碰要求、异常曲线等,优化了轨迹控制技术和钻具组合,以“旋转导向+地质模型实时修正”应对超长水平段轨迹偏移挑战,形成了地质复杂情况下三维立体开发超长水平段水平井轨迹控制技术,使钻进轨迹最大限度满足地质构造的需求,实现穿行率与钻进速度统一。该井精准高效完成水平段轨迹调控,工程优质推进并安全完钻,地质、工程“双甜点”靶窗穿行率高达99.4%,为页岩气高效开发提供了范本。

经纬公司:定录导一体化技术 支撑高效勘探开发

□许 谦 王红贵 刘璇

经纬公司江汉测录井分公司在安全钻进、提速提效及打造优质井眼方面,通过一系列关键技术攻关与创新实践,助力焦页44-Z5HF井顺利完工。该公司在超长水平井地质导向与精准轨迹控制技术上取得重大突破,为页岩气高效勘探开发提供了有力的技术支持。

“地层易漏失,我们就像在‘豆腐块’里打井,轨迹控制难度大,储层钻遇率不确定,面临的压力叠加。”江汉测录井分公司定录导一体化技术负责人道出了施工面临的严峻挑战。

面对焦页44-Z5HF井5442米的超长水平段,起伏不定的地层产状及邻井密集复杂工况,传统施工方法难以满足需求。作为江汉油田部署在涪陵页岩气田焦页区块的超长水平段先导试验井,该井对技术精度、设备性能和施工效率都提出了前所未有的要求,技术创新成为破题的关键。

“要在5442米的水平段实现高储层钻遇率,必须打破常规思路。”地质导向负责人介绍,经过多次研讨,团队创造性提出“一井六段”分层控制方案,将超长水平段划分为6个区间,动态调整轨迹策略。针对地层产状起伏大、靶区识别困难等问题,经过多次研讨,团队动态调整轨迹控制参数,最终实现靶窗穿行率99.4%,为高效产气奠定了坚实基础。

钻井优化团队应用“应龙”科学

钻井系统,将软件模拟与现场工程参数组合测试相结合,实现对井下复杂情况的精确预测和判断,更好地保障高效钻井,有效助力增产提速。施工期间,累计计算分析图版384件,形成30份专项报告,提出的81条优化建议中47条被及时采纳。在钻至4990米处时,团队通过分析精准预测出速率异常带并漏风险,及时调整钻井参数,成功规避险情;凭借丰富经验和实时监测,实现12次异常工况100%准确预警,确保施工顺利推进。

同时,技术团队创新构建“地质导向+定向工程+录井监测+钻井优化”四位一体协同模式,通过实时数据共享平台实现各环节无缝对接。地质工程师与工程技术人员肩并肩协同办公,技术专班全程紧盯质量,形成了地质数据、工程参数、钻井进度等信息实时交互的高效工作格局。

“以前地质数据要层层上报,工程方案调整再反馈,现在仪器房共享,数据实时同步,我们和地质团队随时讨论,决策效率大幅提升。”定向工程师的切身感受,印证了“仪器房共享+人员混编”深度协作机制的优势。

如今,在焦页44-Z5HF井形成的“地质建模先行、工程参数预调、轨迹动态优化”协同工作体系,已在涪陵国家级页岩气示范区推广应用。截至目前,已成功应用于焦页77-7HF井、兴页L190-6-1HF井等19口井,为油气高效勘探开发注入了强劲动能。

石化机械:量身定制超长水平段 钻头钻具一体化服务方案

□胡 佩

在涪陵页岩气田,一场围绕“超深、超长、超复杂”地层的技术较量,随着焦页44-Z5HF井的成功完钻画上圆满句号。这不仅标志着我国页岩气超深井钻井技术迈上新台阶,也是石化机械依托技术创新、深度融入集团公司上游一体化格局的生动写照。

焦页44-Z5HF井地处复杂构造带,超长水平段如同在“地层迷宫”中穿针引线,防碰与轨迹控制难度极大。面对挑战,石化机械从设计源头就深度融入上游一体化运行机制,通过派驻专家进入一体化专家组,主动参与井位部署与方案设计,与油田企业同向发力、同频共振,构建形成“技术装备攻关应用一体化”支持机制,实现由资源驱动向需求引领、精准创新的转变,资源配置更加高效。

“以前是先定施工方案,我们再提供产品。现在是提前介入,根据客户需求设计产品。”石化机械进驻上游一体化装备工具专家组的总工程师袁咏心表示,本次钻井将钻头选型、工具配套、参数优化等环节前置到工程设计阶段。从一开始就紧贴地质需求和工程速度攻关,从地层特性分析到工具结构优化,逐项突破技术瓶颈。

针对该井超长水平段、高频导向、硬地层磨蚀性强等难题,石化机械依托自主研发的数字化钻头钻具研选平台,精准分析8种岩性力学参数。在

长达1个月的方案论证中,专家们先后对比了4套钻头钻具提速方案,最终确定了“强化穿层、低震动、高导向”的技术路线,量身定制了超长水平段钻头钻具一体化服务方案。

“那段时间,我们与一体化专家组几乎每天都要开视频会,针对托压和滑动钻进效率低问题的专题讨论就不下20次,走在回家的路上都会思考,哪种方案更安全高效。”袁咏心感叹道。经过多次论证,该公司技术团队成功研发出超导向螺杆钻具,集成短弯点高造斜与马达自驱脉冲振荡功能,有效缓解了底部钻柱托压,显著缩短了定向作业时间。

同时,为破解该井超长水平段蛇形摆动难题,石化机械技术团队在PDC(金刚石)钻头结构上做了大量优化。“我们根据需求,前后设计了10余版方案。”石化机械钻完井工具领域高级专家涂富介绍,“我们经过反复优化,最终采用超短连接、高稳定性切削结构及特殊锥形孔径设计。”在实际应用中,全新开发的PDC钻头,有效抑制井下震动,降低钻头偏转率,显著提升钻头钻进的灵活性和岩石切削效率,成为该井提速提效的利器。

焦页44-Z5HF井的成功完钻,成为页岩气超深井钻井技术新的里程碑。石化机械正以此为契机,持续深化上游一体化合作,加速关键装备技术攻关,全力推动页岩气开发向更深地层、更高效率、更精准控制迈进。



江汉石油工程:破解“干层酥”地层 钻探技术实现毫米级掌控。

江汉石油工程:破解“干层酥”地层 钻探技术实现毫米级掌控

□姜邵华 李知聪

在重庆涪陵焦页的群山中,一场向着地球深处进军的“凿岩远征”圆满落幕。江汉石油工程钻井二公司70153JH钻井队承钻焦页44-Z5HF井,通过集成应用一系列尖端技术与装备,成功攻克了复杂地层安全钻进与精准导向等世界级难题,为我国规模化效益开发深层非常规油气资源打造了又一样板工程。

破“干层酥”迷宫 给钻头装“眼”又装“舵”

“这口井的地层,比干层酥还复杂——软硬岩层交错、裂缝像蜘蛛网,周边井又密得像‘地下街巷’,稍偏一点就可能碰壁。”70153JH钻井队党支部书记郭刚峰的话,道出了施工的难度。井漏、防碰、高摩阻,每一个都是世界级难题,而超长水平段的轨迹控制,更是如同

在地下数千米处“穿针引线”。

为了啃下这块“硬骨头”,钻井二公司施工团队给钻头装上了“智慧装备”——旋转导向系统,就像是钻头的“千里眼”和“灵活方向盘”。在垂深数千米的高温高压地层里,钻头实现了误差小于0.5度的毫米级控制,准“软得像面条”的钻杆,都能沿着预定薄层储层精准穿行逾5公里。

遇到邻井压裂干扰区,团队又化身“地下避障高手”:将目的层上提,拉大与风险区的垂直距离;在近8000米深的关键节点,精细调整钻进方位,最终以72米的最小中心距,在密集井网中绕开雷区,稳稳穿行。

出“三位一体”重拳 跟地层抢“毫米进度”

水平段越往深打,新的难题又冒了出来——摩阻扭矩拽着钻具“走不动”,岩屑堆在井里“清不净”,钻具长时间工

作“易疲劳”。技术团队当即亮出“组合拳”,跟地层展开“毫米级竞速”。

针对不同井段的脾气,团队施行一段一策:水平段专门选了5刀翼PDC(金刚石)钻头搭配大扭矩螺杆,再把钻压、转速、排量调到最佳,让机械钻速“火力全开”,最终两趟钻完成了5440米水平段进尺,效率直接拉满。

为解决超长水平段的井壁稳定和摩阻难题,团队还量身定制了“三明治”钻井液:纳米封堵剂像小补丁,把岩层微孔隙堵得严严实实;超级石墨润滑剂让钻杆像穿冰鞋,裸眼段摩擦系数直降20%;抗高温处理剂更厉害,就算井下温度130摄氏度,钻井液依旧战斗力在线,确保钻具一路畅通。

织“智能防护网” 把风险挡在井外

超深井钻进,安全是底线。项目团队早早织好了一张立体安全防护网:

建立“半小时应急响应圈”,堵漏方案、特种材料随时待命,一有情况就能快速处置。

“最紧张的时候,振动筛上突然出现异常地层掉块。”钻井二公司技术服务中心副经理邹军明回忆。团队当即停钻,循环观察,优化钻井液,很快就排除了险情,为完钻扫清了最后障碍。

不仅如此,团队还靠“智能大脑”护航:实时技术数据,它更像一份可复制、可推广的“超深井攻坚指南”,让我国在深层非常规油气开发的路上,又多了一把打开“地下宝藏”的“金钥匙”。