

页岩油定向井开发模式及其经济效益

吴楠(中石化华东油气分公司泰州采油厂, 江苏 泰州 225300)

摘要:目前国内陆地页岩油整体开发状况并不均衡,基本上以水平井多段大规模体积压裂开发为主,页岩油定向井开发效益受到多种因素影响,为了解决各种不利因素确保页岩油定向井实现顺利完井,需要加强技术支撑保障,持续固化成熟技术,不断攻坚提速攻关,从而保证科学钻井提速增效。本文分析页岩油定向井规模效益开发难度,试图找到适合开发模式,有效发挥对页岩油水平井产出量的控制作用,并总结某油田页岩油定向井开发取得的良好应用效果,为页岩油定向井的规模效益开发提供一定借鉴。

关键词:页岩油定向井; 开发模式; 技术应用; 经济效益

0 前言

页岩油气属于类似“原地储藏”的方式,开采情况是比较复杂的。在很长一段时期,页岩油气并未成为可以被资源化利用的范畴。但这些年来,世界对清洁能源需求量在不断扩大,天然油气资源价格也在持续上涨,以及科技手段进步对页岩油气藏更深度的认识,科学界与能源界都开始以全新的视角来认知页岩油气,并开发出开采页岩油气的一系列技术。我国深层低渗透油气、页岩油气等非常规油气资源是传统资源的4~5倍,虽然规模不小,开发潜力巨大,但是离开页岩油定向井开发技术科学运用,根本不可能实现规模化的高效产动能。绝大多数的页岩油定向井开发存在难度大,开发成本高的特点,在考虑效益开发的条件下,页岩油气开发工程的成功,就离不开关键开发技术的应用,因此针对页岩油气的钻井和开发的关键技术应用前景是非常广泛的。

1 页岩油定向井开发进展

页岩油是蕴藏在极低渗透的暗色页岩、泥质粉砂岩、砂岩、碳酸盐岩夹层体系中,呈现连续分布状态的自生自储石油,页岩油储层具有微纳米级孔喉、粒径小、非均质性强等特点。页岩油定向井一般具有初始产能高、发现石油早、返排速率低、含水率下降快、稳产时间长等生产特点。在页岩油勘探开发过程中,需要应用的主体技术主要有:页岩油储层评价技术、地质选区评价技术、储层甜点评价与识别技术、含油性分析技术、页岩油原位改质技术、长水平井钻井技术等。

在这几项技术中页岩油储层评价技术、地质选区评价技术等取得了一定的研究进展和实际应用,其他技术大多仍处在攻关阶段,尚未形成非常成熟的技术应用体系,导致并不能非常清晰的了解页岩油的滞留

聚集量及赋存状态,现有的理论与技术仍然不能有效支撑页岩油进一步扩大勘探成果,因此,需要结合页岩油经济高效开发面临的难点,以及我国页岩油的勘探开发现状,继续深入研究常规油气的成藏理论与评价方法,采用关键有效的钻井、完井技术,实现油田平台井数、有效控制储量和缝控储量动用最大化,满足国内页岩油的勘探开发,实现我国页岩油的经济高效开发,保障国家能源安全。

2 页岩油定向井开发模式

目前,页岩油工程开发技术主要包括:地质工程一体化集成应用技术、页岩油水平井优快钻井技术、定测录导一体化技术、页岩油合成基钻井液技术、页岩油工厂化钻井工程技术、页岩油高效固井技术、页岩油压裂工艺技术(CO_2 混相破岩增能压裂技术、多尺度裂缝加强砂饱充填压裂工艺技术、穿层扩缝高逆混体积压裂工艺技术、防膨驱油一体化变黏压裂液体系、页岩油全电驱工厂化压裂技术)等,其中页岩油压裂工艺各项技术应用频率最高,页岩油定向井钻井与开采技术具体应用,需要因地制宜,根据油田地层、地质构造、生产实际情况加以选择和运用,遇到一些复杂的钻井难题,需要多项技术结合应用。

我国页岩油定向井的开发尚无固定的开发模式,不具备水平井开发的成熟技术,页岩油层地质构造复杂,呈现断层发育,且地层倾角偏大,多属于高温高压的天然裂缝发育,施工风险高,钻完井周期长,开发成本支出高,资金投资大,具体开发模式需要根据页岩油井地层地势特点,页岩油藏地质构造,其中以定向井开发技术结合模拟水平井技术,这种类型开发模式是比较理想的。

2.1 页岩油定向井开发方式

针对地质复杂、井漏与卡钻事故多发区域,油田

需要开展专项治理,并对不同开发区块,提前进行风险识别,制定出具有针对性的预防措施,让每口井有专门的开采对策,每一个开采段都有专门的方法。再进一步丰富与完善常规井提速手段,对各区块提速规划进行修订和完善,分析与复制指标井的成熟技术,扩大钻井工程扭冲、旋冲及自研钻头的应用,力争提高机械钻速效率,推进二叠系以下地层提速。现代定向钻井技术开发对于钻井轨迹控制精度、钻井时效、钻井质量等方面已经取得较大的进步,为国内页岩油气开发指出新的技术发展方向。与此同时,页岩油定向井技术仍存在一定的局限性,例如,地质储层测量精度、作业耐高温、高压能力等技术指标均有待提高。

2.2 转向压裂技术

页岩油压裂工艺技术,尤其是转向压裂技术在页岩油分段压裂施工中应用广泛,某油田油井的现场大规模实施暂堵转向压裂后,该井原油产量稳定增加3倍以上。实践表明,油田应用转向压裂技术可以实现较大幅度的增产,该项技术应用于页岩油气开发具有重要潜力。遇到低渗透地层、易压储层、难压储层等类型混合的储层,就非常适合应用暂堵转向压裂技术,转向压裂技术可以降低油藏埋深大、渗透率低、油气流动困难单井的开发难度。

在压裂开始时,易压储层会首先产生裂缝,泵入的压裂液和支撑剂大部分涌入易压储层,此时会限制难压储层的裂缝起裂和延伸,暂堵转向压裂技术在中途泵入暂堵球或暂堵剂,暂时封堵易压储层,使压裂后期的压裂液和支撑剂转而大量涌入难压储层,从而使所有储层均产生期望的裂缝,提升储层压裂改造效果。

在压裂过程中,需要掌握成岩裂缝的起裂机理和延伸轨迹,通过人为制造储层裂缝,可以改善原油在地下的流动环境,然后采用导流确保所有射孔簇都能有效压裂,利用暂堵剂抑制段内射孔簇之间的物理性差异,从而避免部分射孔簇过度压裂或部分射孔簇压裂不足的情况,缺点是不容易控制井筒内的分流过程。转向压裂技术具体实施后可以抑制裂缝过度复杂化,使裂缝向更远的方向延伸,提升平面动用程度,提高储层的整体改造效果,可以提高油气产量,该项技术实施工艺简单、成本低、风险小,能达到10%的增产,实用性较好。

2.3 页岩定向井“拟水平井压裂”技术

定向井开发技术结合模拟水平井技术的“拟水平

井压裂”,主要是为了克服页岩定向井开发难度,通过压裂技术有效提升支撑和延伸缝长,将复杂的页岩井工程转化为相对容易的水平井开采。采取“拟水平井压裂”技术这一综合型的方法,先明确开发技术路线与软件功能升级,与油藏研究相结合,在开发阶段采用压裂工艺技术体系,根据页岩地质特点,采用大砂量、大液量、大排量的泵入压裂液与支撑剂来制造长缝,实现压裂→渗吸→增能→驱油等方式协同发力,考虑到目前的分层压裂工艺容易导致纵向改造不均匀,一般会采用以“规模注液蓄能量+限流射孔促均衡+调节排量稳缝网+三级支撑保充填+全电泵连续施工”为主的压裂工艺技术体系。

在泵入压裂液与支撑剂制造长缝时,应根据净压力变化情况随时调整施工排量,以保持注入液量与流失量之间相互平衡,从而维持整体施工净压力稳定,抑制裂缝过度复杂化,促进裂缝向远处延伸,提升平面动用程度,以此实现大幅度提升缝控的储量,提高采收率效果,进一步实现与水平井开采近似的稳定生产。实现定向井达到水平井开发效果,也提高了页岩油区块的整体开发效益。

2.4 页岩定向井开发技术进展

李伟团队通过长期对页岩油气钻井和开发关键技术的研究,突破五项关键技术:三维水平井轨道优化设计、钻前摩阻扭矩精确预测、三维绕障防碰、轨迹预测及精准着陆、旋转导向轨迹控制装备等。开发了拥有完全自主知识产权的定向钻井软件与旋转导向轨迹控制装备两项核心产品,集成一套完整的页岩油气“井工厂”轨迹控制关键技术,可以覆盖定向钻井领域全部环节,平均缩短钻井周期30.3%,经济效益显著,值得在页岩定向井开发方面进行推广。除此之外,页岩定向井开发技术向智能化一体化技术发展,包括应用自动化智能化钻井完井决策技术与基于大数据的钻井完井优化技术等。通过智能化一体化技术应用实现了钻井方案设计、模拟、优化等,并对实际应用流程实时监测。AI智能引入地质导向体系,可以实现随钻测井数据的自动更新、修正、迭代,并按照相关计算结果实时调整井眼轨迹。通过分析已完成井的钻井完井数据,优选钻井完井参数,优化作业流程,有效规避钻井完井风险,缩短非生产时间,实现油田增产增效。

3 页岩油定向井开发的经济效益

以某页岩油工区红庄区块的HY-201钻井平台为

例,该平台均设计为页岩油定向井,然而前期及邻井施工过程中井下复杂情况频发、导致钻井周期长,效率低下。

实钻过程中主要存在“上缩下垮”、“定向托压”、“井下漏失”等现象,症状分布广、多,而且极为复杂。处理复杂情况的时间,防止复杂情况而采取短起下钻的时间,拖慢了整个钻井周期。为此,油田技术团队打破常规、因地制宜,积极开展技术攻关,最终攻克了各项难题,为本区块及公司页岩油定向井效益开发增添了新的选项。

3.1 技术效益

在 HY201-3 井实施过程中,通过钻井技术攻关,取得了重大突破。该井采用“三级”阶梯井眼的井身结构,强化钻井参数并配合使用偏心扩眼器,优化氯化钾聚合物钻井液体系,充分借助地层自然趋势增斜,解决了上部地层易缩径,下部地层结合部位易垮塌、漏失,定向钻进易托压等一系列问题。在以上技术运用的加持下,该井实现单趟进尺破千米的成绩,顺利完钻,平均机械钻速较同平台提高 20.5%,钻完井周期缩短 35.2%,提速效果显著。HY201 平台钻井工程的技术突破,对于红庄区块后期储量高效动用、技术体系升级、开发方式转变具有重要意义,从而有望率先实现页岩油定向井效益开发,展现出构造复杂区页岩油定向井开发的良好前景。

3.2 管理效益

油田强化基础建设,加速提升全员专业技能和素质建设,提高油田管理效能,优化各项管理流程,强化和谐稳定的管理质量,通过完善管理流程、督导考核、提升现场操作、优化作业流程、HSE 监督等措施,坚持效益开发,加强过程管控,确保工作量连续,提升了油田精益管理水平,实现了油田的提质增效。

3.3 经济效益

页岩油气开发成本主要由钻井成本、土地成本、加工运输成本、油气井回收率成本、生产管理成本等各项成本构成,钻井效率的提速为油田带来明显的经济效益,具体表现在:降低了油田钻井、修井成本,石油产出量增加,提高了油田年生产利润率,当年油田经济效益较同期取得了显著提升。

3.4 社会效益

油气开发企业在切实做好稳定油气产能基础上,有效提升油气资源自主开发和保障能力,所应用的页岩油定向井开发技术尽量选择和使用新能源、新材料,

最大程度节约了对不可再生资源的利用,避免了对生态环境的破坏,减少了环境污染,在保证经济效益的同时,也为社会效益做出新贡献。

3.5 多措并举出效益

为了进一步推动我国陆相页岩油勘探开发理论创新、技术创新和管理创新,扩大降本增效空间,促进中国陆相页岩油开发尽快完成从小规模突破向大规模工业化开发转变,以产业规模带动降本增效,需要加快核心技术、颠覆性技术、重大装备制造的研发与应用步伐,积极开展有关页岩油基础地质理论、技术创新,最大限度降本增效,推动页岩油勘探开发商业化及规模发展道路。未来还应当配以适度的税费优惠政策,进一步扩大页岩油规模发展。

4 结语

页岩油定向井开发应该紧跟油田勘探开发实际需求,坚持向着科学化和高端化方向发展,重视油田作业应用安全、科学、高效、精准的钻井技术管理手段,强化市场开发决策机制,提升整体运行效率,凭借优质高效开发理念筑牢油田发展基础,以取得更有利于油田发展的经济实效。

未来,油田企业应致力于研发应用更具有创新型、节约型的页岩油定向井开发技术,打破国际上高端定向钻井业务的技术垄断壁垒,努力使我国千亿规模的页岩油气产业,牢牢的把握在我们自己手中,有效保障了国家能源安全和科技自主自强。

参考文献:

- [1] 袁士义,雷征东,李军诗,韩海水.陆相页岩油开发技术进展及规模效益开发对策思考[J].ECF 国际页岩气论坛,2023-10-18.
- [2] 李国欣,雷征东,董伟宏,等.中国石油非常规油气开发进展、挑战与展望[J].中国石油勘探,2022,27(1):1-11.
- [3] 李伟,黄根炉,于凡,倪红坚.基于现场施工经验的涪陵地区三维水平井轨道优化设计方法研究,2017年油气钻井基础理论与前沿技术开发新进展学术研讨会[R].成都:中国石油学会,中国石油天然气集团公司,2017:103-116.
- [4] 李伟,王涛,王秀玲,李社坤,周战云,李艳.陆相页岩气水平井固井技术——以延长石油延安国家级陆相页岩气示范区为例[J].天然气工业,2014(12):106-112.