

旋转导向钻井技术在页岩油开发中的应用及经济效益分析

安 庆 (胜利油田石油工程监督中心, 山东 东营 257000)

摘要:在市场经济体制健全后,我国国民经济得到发展,各个行业对资源需求量逐年增大,资源开采行业得到更大规模的发展,导致大量易于开采的资源蕴藏区域得到重点开发,逐步出现了资源枯竭现象,直接影响到经济稳定发展和人民群众生活的保障。以石油资源开采为例,现阶段对大部分易开采的石油储藏区域加大了开采力度,但是部分页岩油开发存在困难,这源于使用传统钻井技术存在很大的风险,无法对钻井轨迹进行有效控制,增加井下风险和下套管难度,阻碍了石油资源开采的效率和数量。基于这种情况,以胜利油田为例,使用旋转导向钻井技术取代了传统钻井技术,保障了钻井的安全和有效性,也产生了很高的经济效益,为页岩油开发提供了参考。

关键词:旋转导向钻井技术;页岩油;经济效益

0 引言

胜利油田地处山东北部渤海之滨的黄河三角洲地带,主要分布在东营、滨州、德州、济南、潍坊、淄博、聊城、烟台等8个城市的28个县(区)境内,主要工作范围约 $4.4 \times 10^4 \text{ km}^2$,是中国第二大油田^[1]。另外,是一个地质条件复杂,含油层系多、储层种类多、物性变化大、油藏类型多的复式含油盆地^[2]。针对该油田的多年开采,形成了非常完善的开采技术体系,但是现阶段的开发技术更多是使用弯螺距+MWD井眼轨迹控制方式,但是在很多斜井段水平钻到一定程度后,就开始出现滑动钻进摩擦扭矩增大、机械钻速减慢等问题,甚至无法控制钻进^[3]。

为科学有效处理这些问题,通过对国内外油田开发工作经验借鉴,结合开发工程的具体情况,综合考虑应用成本、经济效益等因素,选择最佳的井型、仪器等,对旋转导向钻井技术进行试验,从而完成了常规螺杆钻具无法完成的开采工作,以此为该技术应用获取了经验。

1 旋转导向钻井技术概述

如果和以往使用的钻井技术比较,旋转导向钻井技术并不会对滑动钻进方式使用,而是采取了全程旋转钻进,只需要一套钻具就可以保障造斜、增斜、稳斜等工作的完成,体现了摩阻扭矩低、水平段延伸能力强、钻井效率和井眼轨迹控制精度高、井身质量和井眼净化效果好等优势,逐步被各大石油开采企业进行应用^[4]。

这项技术从上世纪八十年代开始研究,通过长达三十多年的使用,促使其得到了完善和革新,既具备非常强的可靠性、稳定性,并且成为发达国家石油开

采行业的主要技术之一^[5]。

但是,我国针对该项技术的研究开始于上世纪九十年代,虽然国内少数石油开发企业也研发了国产的旋转导向钻井技术,也进入了试验环节,但是并不能满足商用的需求。基于这种情况,国内石油企业针对旋转导向钻井技术的使用更多是依靠国外发达国家的产产品,并且使用规模非常小。

2 旋转导向钻井技术应用必要性分析

首先,以胜利油田为例,因其受到地质环境的影响,加上工厂化作业、最大化增加储量等要求,该页岩油开发井区大偏移距和长水平段三维水平井非常多^[6]。基于这种情况,如果从2019年钻井为例,偏移距平均数值达到400米,其中偏移距大于350米的占到总数的50%以上,水平段长度往往在2000-3500米左右,斜井段平均造斜率非常高,与常规水平井进行比较,这类井眼轨迹呈现三维旋转,轨迹体现了复杂性,并且摩阻扭矩非常大。

其次,以胜利油田为例,大部分水平井都使用了二开井身结构,其中一开基本上使用了250毫米套管封固第四系不稳定地层,并且进入了稳定岩层40米;二开150毫米套管下至完钻井深,整个二开基本上长度都保持在4000米左右,并且也会存在很多塌陷、溢漏等问题,造成整个二开基本上摩阻扭矩非常大,也产生了很高的钻井风险。

再次,在该油田中,其单砂体非常薄,横向分布并不稳定,加上局部地质构造差异很大,长水平井一旦提高油层后会遇到更大的问题,增大轨迹控制难度^[7]。

最后,常规弯螺杆导向钻在使用中,其钻具产生

的井眼轨迹呈现复杂,变动趋势非常大,圆滑度达不到标准要求,井眼体现了锯齿状,如果使用了水平段方式开展钻井后,形成了非常大的摩阻扭矩。基于这种情况,滑动钻进托压异常严重,机械钻速也非常慢,轨迹无法对其进行有效控制,也会持续增大井下作业风险,导致下套管难度增大。

3 旋转导向钻井技术选择的依据

现阶段旋转导向钻井更多是借助国外进口,不管是技术还是设备上都需要依靠国外,其应用成本非常高,也不便于进行大面积推广。基于这种情况,钻前需要对多个方面因素进行考虑,如偏移距、靶前距、目的层垂深等,并且对需要钻井施工难度系数评价和分析,也需要坚持造斜段增效提质,水平段安全提速的原则,选择最佳的井位^[8]。

当前,我国页岩油在开发中,部分区域施工难度非常大,如二开井身结构的大偏移距、长水平段等,这就需要对旋转导向钻井技术进行使用,可以很好解决钻井风险、机械钻速慢等问题。

4 旋转导向底部钻具组合优化设计

一般情况下,底部钻具呈现多样性,但是国内在页岩油开发中形成了多样性的旋转导向钻井技术。基于这种情况,需要对国内外经验进行借鉴,综合考虑胜利油田的具体情况,从而得到了三种类型的旋转导向钻具。

4.1 不带马达的旋转导向

从国外页岩油开发过程分析,其最初使用的大部分旋转导向钻井系统和我国现阶段使用的很多旋转导向钻井系统都是没有马达的。以 AutoTrack 旋转导向钻井系统为例,其底部钻具主要采取了钻头、ASS 导向头、测量模块、脉冲发电机、上截止阀、扶正器、回压阀、钻杆等部分组成^[9]。如果从该钻具进行分析,其选择不带马达的钻具,可以很好保障施工作业的需求,也可以降低旋转导向钻井系统使用的成本,但是因井下作业没有马达,仅仅使用转盘发挥驱动作用,对其转速要求非常高,也会产生很大的扭矩,增大了钻具磨损程度。现阶段在胜利油田中,部分区域的页岩油开发区域存在少数大偏移距三维水平井斜井段,这就可以对该钻具进行使用,以此满足开采工作的需求。

4.2 配套专用马达的旋转导向

为提升旋转导向钻井系统的钻井工作效率,国内外多个公司都开发了相应的旋转导向钻井系统,并且

也配置了专门的数据收集模块,可以发挥数据传输的功能,如贝克休斯 X-treme 等^[10]。如果这部分旋转导向钻井系统分析,其都是将大功率螺杆钻具和通讯模块进行连接,其连接位置选择在旋转导向钻井系统和 MWD 间,钻头也得到了顶驱转速、螺杆等双重影响,转速达到了 450r/min,并且借助通信模块可以为旋转导向钻井系统、MWD 等提供数据共享支持。

以 AutoTrack 旋转导向钻井系统为例,其底部钻具主要采取了钻头、ASS 导向头、模块马达、测量模块、脉冲发电机、上截止阀、扶正器、回压阀、钻杆等部分组成。

这种旋转导向钻井系统除具备不带马达旋转导向钻井系统的优点外,进一步提升了机械钻速,降低了钻机和钻杆负荷。基于这种情况,在胜利油田页岩油开发区域中,主要在大偏移距、长水平三维水平井水平段使用此类旋转导向钻井系统,可以产生很好的应用效果。

4.3 配套普通马达的旋转导向

如果从国内外旋转导向钻井系统分析,基本上大部分并未研发和旋转导向钻井系统配套的专用马达,为达到钻速的要求,仅仅在底部钻具选择了普通马达,通过对该马达使用后,可以使用提升钻速,但是并不需要通讯功能的保障。基于这种情况,该类钻具主要是钻头、导向头、无磁钻铤、普通螺杆、回压阀、钻杆等部分组成。

如果对该类旋转导向钻井系统使用,其产生的使用成本非常低,并且机械转速得到很好的提升,满足了大部分页岩油开发的使用要求。但是,因其螺杆前端部分重量大,很容易产生马达故障,也会因井下地质环境复杂,导致具体使用基本上不会采取低速大扭矩马达。为进一步提升井下作业安全,往往在胜利油田使用中,只将其在大偏移距、长水平三维水平井水平段使用。然而,从具体使用而言,只有少数区域对其使用,井数非常少。

5 旋转导向钻井技术在页岩油开发中的应用效益分析

5.1 提升水平段延伸能力

现阶段在页岩油开发中,主要对扭摆钻井、水力振荡器等使用,其可以很好降低摩阻。但是,在胜利油田页岩油开发区域中,基本上最大的施工范围不得大于 2500 米。如果选择了旋转导向钻井技术,就可以很好对其进行延伸,并且增强了轨迹控制能力,有

利于提升油田开发效益和质量。

以胜利油田最近两年完成的井数分析, 旋转导向钻井技术平均长度是 2500 米, 最大施工长度达到 5000 米, 深度是 6500 米, 其水平段储层钻遇率达到 90.00%。如果在相同区域采取常规螺距导向钻具, 平均施工作业长度仅仅 1500 米, 最大施工长度是 2500 米。

5.2 提高钻遇率

旋转导向钻井技术在页岩油开发过程使用后, 因其对轨迹控制强度很大, 并且依托钻头开展测量工作, 优质储层钻遇率也会逐步提升, 最终增大开采数量。基于这种情况, 以胜利油田 2022 年数据为例, 其与以往使用的常规导向钻具比较, 油层钻遇率提升了 8% 左右, 确保了超长施工距离、复杂地质环境等高难度施工目标的完成。

5.3 提升机械钻速

在胜利油田页岩油开发中, 选择了大偏移距三维水平井进行研究分析, 和其他采取了常规螺杆导向的井口比较, 钻井时间缩短 2/5; 如果和相同地区难度相同的开发区域比较, 机械钻速提升了 95% 以上。基于这种情况, 选择不同的旋转导向钻井技术也会产生不同的提速效果。

在斜井区域中, 选择不带马达的旋转导向钻井技术后, 其产生的机械钻速基本和常规螺杆保持一致。在水平段中, 使用不带马达的旋转导向钻井技术后, 并未产生很强的机械提速效果, 但是一旦对专用马达和普通马达的旋转导向钻井技术使用后, 可以产生很好的机械提速效果。

5.4 提高经济效益

以胜利油田为例, 通过技术和管理优化, 旋转导向钻井完井成本达到 1500 万, 到区块开发时, 单井成本能够降到 800 万。工厂化和交叉压裂能够降低约 1/5 的成本。底部钻具组合优化、钻井流体优化、完井设计优化、需求计划、材料供应等一体化设计与管理优化能够降低约 1/5 的成本。胜利油田石油公司在过去 2 年在页岩油气区共钻井 150 多口, 通过旋转导向钻井技术和综合管理优化, 钻井效率提高 52%, 钻井作业成本降低 1/2。

6 结束语

在页岩油开发过程中, 通过对旋转导向钻井技术进行使用, 因其体现了提升水平段延伸能力、提高钻遇率、提升机械钻速、提高经济效益等优势, 是保障

当前胜利油田大偏移距、长水平三维水平井水平段安全高效钻进的最佳技术。

基于这种情况, 在页岩油开发中, 应当认识到旋转导向钻井技术的重要性, 结合油田具体情况, 选择最佳的旋转导向钻井系统, 有利于提升油田开发的经济效益。

参考文献:

- [1] 杨勇, 张世明, 吕琦, 等. 中国东部陆相断陷盆地中—低成熟度页岩油立体开发技术——以济阳拗陷古近系沙河街组为例 [J/OL]. 石油学报, 1-11[2024-04-06].
- [2] 吴宝成, 吴承美, 谭强, 等. 准噶尔盆地吉木萨尔凹陷昌吉页岩油成藏条件及勘探开发关键技术 [J]. 石油学报, 2024, 45(02): 437-460.
- [3] 杜焕福, 王春伟, 杨金莉, 等. 页岩油录井评价技术发展历程及应用现状——以济阳拗陷沙河街组为例 [J/OL]. 断块油气田, 1-11[2024-04-06].
- [4] 李国欣, 伍坤宇, 朱如凯, 等. 巨厚高原山地式页岩油藏的富集模式与高效动用方式——以柴达木盆地英雄岭页岩油藏为例 [J]. 石油学报, 2023, 44(01): 144-157.
- [5] 杨晋玉, 陈晓平, 李超, 等. 基于经济效益评价的页岩油水平井加密调整参数优化——以鄂尔多斯盆地 XAB 油田长 7 页岩油藏为例 [J]. 中国石油勘探, 2023, 28(04): 129-138.
- [6] 刘涛, 来轩昂, 蒋传杰, 等. 中美页岩油发展经济性比较研究——基于鄂尔多斯延长组长 7 段与威利斯顿巴肯组的对比 [J]. 国际石油经济, 2022, 30(12): 98-106.
- [7] 刘永旺, 郭福贵, 管志川, 等. 协同钻头推靠与指向作用控制井眼轨迹的旋转导向系统 [J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2022, 46(05): 73-80.
- [8] 曾亚丽, 龙盛芳, 吴朦朦, 等. 基于 GeoEast 地震属性分析的储层预测技术及其在环县地区页岩油勘探开发中的应用 [J]. 石油地球物理勘探, 2022, 57(S1): 196-201+16-17.
- [9] 赵贤正, 周立宏, 蒲秀刚, 等. 湖相页岩型页岩油勘探开发理论与技术——以渤海湾盆地沧东凹陷古近系孔店组为例 [J]. 石油勘探与开发, 2022, 49(03): 616-626.
- [10] 何小东, 张景臣, 王俊超, 等. 考虑天然裂缝条件下水平井压裂簇间距优化——以吉木萨尔页岩油为例 [J]. 深圳大学学报(理工版), 2022, 39(02): 134-141.