水平井钻井地质设计优化及关键环节研究

夏 凯 (中石化经纬有限公司华东录井分公司, 江苏 扬州 225000)

摘要: 近年来, 随着我国钻采工艺技术的不断提高, 水平井在油田开发中的应用越来越广泛, 水平井相关工程技术在我国大油田、老油田的薄层和低丰度油气藏的开发中占据了十分重要的地位。水平井地质设计是钻井过程中地质工作的依据, 是指导工程施工, 保证钻井安全的指导性文件, 是油气勘探开发的部署的具体体现。本文主要对水平井钻井地质设计关键环节和影响钻井成功率的地质因素进行了详细分析, 并提出了水平井钻井地质设计优化措施, 以期能够对今后水平井的成功实施提供理论依据。

关键词: 水平井; 钻井; 地质设计; 优化; 关键环节

水平井通常是指井斜角度大于或等于 86° 并且在目的层中具有较长水平段的定向井。随着国内外石油与天然气勘探开发的不断深入, 一些油气藏的开发效果很不理想, 如: 低孔低渗、垂直裂缝、小型圈闭、多层系、海上等油气藏, 底水或气顶油藏、页岩气藏。而水平井技术具有更大限度地提高产量和采收率的技术优势, 具有显著的开发效益。因此, 国内外各油气田广泛地实施水平井技术, 以提高对特殊油气藏的勘探开发效益。水平井地质设计是钻井过程中地质工作的依据, 可以为钻井施工进行指导, 保证钻井施工的安全, 并关系到地质资料的采集和化验, 影响着钻井施工的作业成本。钻井地质设计具有动态性, 需要根据实际钻探情况, 及时调整设计内容, 优化钻井地质设计, 使得设计内容更加切合实际, 操作性更强。加强水平井钻井地质设计和优化, 可以提高油气开发的经济效益。

1 水平井技术优势

水平井技术最先兴起于国外, 对技术的要求较高, 在 20 世纪 40 年代, 国外的水平井技术就已经在油气田的开发中取得了广泛的应用。20 世纪 60 年代中期, 我国成功在四川盆地打出了一口水平井, 水平井技术得到了初步的应用。在 20 世纪 80 年代, 由于国内技术的交流日益频繁, 我国的相关技术也同时得到了极大的提升, 针对我国独特的地质情况与原油需求大、油气藏资源储量不足的劣势, 水平井技术在我国各地得到了广泛应用。对于稠油油气藏、低孔低渗油气藏、薄层油气藏, 水平井增加了渗流面积, 提高了产量; 垂直裂缝性油气藏, 水平井可垂直钻穿多条裂缝, 使多条裂缝同时产油产气; 边底水、气顶油气藏, 可以减缓水、气的锥进问题, 提高油气产量; 天然气藏在高渗透层水平段可以降低近井区域的产气速度, 降低近井地区的紊流现象, 改善高渗气层的产能; 注水注气井, 能够增加注入流体的波及体积, 延伸到油气层深部, 提高注水气井的效果; 较长的水平段可以穿越距离陆上较远的海上油气藏, 减少海上钻井成本。此外, 同直井相比, 水平井节省了井场用地、钻机搬迁安装等费用。

除此之外, 利用水平井开发油气藏也存在一定的缺点, 如钻井成本较高; 水平井井身结构复杂, 一口水平

井只能开采一个产层; 水平井见水后难以控制, 产量受影响较大; 由于钻井液向下方渗透, 井筒周围的侵入带表现为不对称, 使得测井不能准确解释含油气饱和度。

2 水平井钻井地质设计关键环节

目前, 水平井钻井已经在油田石油勘探开发中得到了越来越多的应用, 在应用过程当中水平井的钻井技术得到了不断地发展完善, 同时, 也对水平井钻井地质设计提出了更多以及更新的要求。通常, 水平井钻井地质设计需要把控构造描述、地层预测、地层压力预测及油气层保护、轨迹参数设计和是否钻导眼井五个关键环节。

①构造描述。水平井钻探过程中会显著影响附近区域构造, 尤其是断层地带, 必须进行精准描述刻画;

②地层预测。利用邻井已钻井资料对设计井地层进行预测, 包括对地层岩性剖面预测、地层分层预测及油气层预测等。对地层进行准确预测有利于实现水平井精确入靶;

③地层压力预测及油气层保护。地下储层的压力预测与水平井钻井的安全有着直接的关系, 依据相邻井的数据资料和钻井时遇到的各种情况来对压力进行有效的预测, 可以为合理设计钻井液提供保证, 对油气储层制定出防护措施;

④轨迹参数设计。控制好水平井施工形成的轨迹可以有效提升钻遇率, 在进行水平井轨迹设计时, 需要利用地震深度系统, 进入到标志地层之后需要对井身的深度进行校核, 并对钻井轨迹进行修正。当入靶完成之后, 应该依据油气储层的产状变化情况和顶底界进行识别和判断, 不断的对井身轨迹进行调整;

⑤是否钻导眼井。应结合油气藏实际认知情况及地质条件判断是否需要导眼井, 适时钻打导眼井或斜眼井通常针对认知程度较低油气藏设计的, 导眼井技术成熟、施工周期短且花费成本较少。

3 水平井钻井施工难点分析

3.1 水平段长度和位置的确定

水平段合理长度和位置的确定受到产量、钻井成本、钻完井技术等因素的综合影响而成为技术难题。通常, 随着水平段长度的增加, 井筒与油气藏的接触面积增加, 但同时井内流体流动的摩擦阻力也增加, 前者利于单井

的产量,而后者却相反。对于水平段的合理位置,水平段越靠近油藏或气藏顶部,底水驱油气藏中水平井渗流阻力增大,产能越低。

3.2 井眼轨迹控制

水平井在井眼轨迹控制上的主要难点有造斜段和稳斜段的设计难度较大;水平段合理位置的要求决定了水平段轨迹的控制精度要高;随着水平段的延伸,井眼摩擦阻随之增加,导向工具钻压传递困难,造成井眼轨迹控制难度大;钻遇岩性的多样性增加了井眼轨迹的控制难度。

3.3 钻具摩阻扭矩大

在水平井钻井过程中,钻具与井壁之间的摩擦阻力主要由钻柱的轴向摩擦阻力及周向摩擦扭矩组成。摩阻扭矩大的原因有钻进所需管柱的结构复杂,易与井壁底部接触;钻具与井壁底部岩屑的相互作用;固相含量高的钻井液混入细小岩屑后,润滑效果下降;水平段长、井壁稳定性差、易发生卡钻,致使钻具上提下放困难、承压严重、加压困难。

3.4 稳斜段及水平段极易形成岩屑床

水平井在钻进过程中在稳斜段和水平段极易形成岩屑床,给钻进带来很多技术难题。岩屑床的成因主要有在稳斜段和水平段,钻具在井眼中靠向下井壁,岩屑易沉在下井壁且不易清除;井眼中部的环空较大、钻具偏心、环空返速降低、携岩效果变差;在造斜段,岩屑返出难度增大,岩屑在此处易堆积;钻井液的性能差和钻具结构复杂,影响钻井液的携岩效果,易形成岩屑床。

3.5 套管磨损严重

套管磨损在所有钻进过程中都存在,容易导致套管挤毁,严重时会使一口几乎要完成的井报废。引起套管磨损的各种因素,在钻长水平段水平井过程中表现得尤为明显,使得套管磨损尤为严重,其原因主要有钻进时几乎所有钻柱都躺在套管壁上,造成钻柱对套管的正压力大;起下钻和划眼次数多、钻进时间长、固井时套管不居中、钻具结构复杂;钻具与套管在材料性能上有较大差异;钻井液的类型、固相含量、腐蚀作用会加剧套管的磨损程度。

4 水平井钻井地质设计优化

4.1 水平段长度和方位优化

做好水平段的长度以及方位设计十分重要,进行合理的设计可以提高水平井泄油面积,还可以提高可采油气资源的储量。在进行设计时应该结合油气储层的厚度和物性,储量和产能要求等多方面的因素,使水平段可以动用更多的油气储量,从而实现较高的采收率。在进行水平段设计之前,应该考虑到所在地层的地质状况,使水平段的方位和砂体延伸方向保持垂直,泄油面积和地层中的油藏进行合理的配置,还需要把井网和含油面积进行系统的分析,把水平井的采油性充分发挥出来。

4.2 选择最佳靶点位置和垂向位置

水平井靶点位置的选择主要考虑两点的生产压差和

波及能力的差别。一般情况下,将靶点位置设计在油层相对较厚的地方,这些地方生产压差和波及能力均较大,与此同时应该考虑是否有边水的侵入,当有边水侵入时,初始靶点应远离边水,末尾靶点应当离边水相对较近。周围有注水井的情况下,靶点应远离注水井。水平井的水平段对油层的采出能力受到多种因素的影响,因此在设计水平段垂向位置时,要充分考虑以下地质因素:油藏类型及储层物性,油层厚度,储层渗透率及非均质性,夹层物性、大小、分布情况,底水、边水、气顶能力及活跃程度等,有老井的话要考虑液面变化情况。

4.3 加强对动、静态资料的分析

水平井钻井地质设计通常是基于储层物性、岩层特性、地层构造、地层温压场及油藏地质条件等相关参数进行的,其中大部分参数是会随着钻进施工的进行不断实时变化的,因此,需要充分利用一切可用的动静态信息数据,指导水平井钻井的高效进行。此外,应格外注意边水及底水的变化情况,有效避免钻遇气层及水层。

4.4 加强钻井进度跟踪

水平井钻进过程中,储层的非均质性、构造的不确定性及各种工程异常情况,都会影响水平井的钻井成功率。为了提升水平井钻井效果,地质设计人员要跟踪钻井进度,了解钻井现场测井数据及录井岩屑情况,对比标志层,并与目标地层进行科学的对比,了解油气储层的地质构造变化情况,依据钻井作业现场的实际状况,及时对水平井地质设计进行调整,保证水平井钻井精确入靶,提高油气储层的钻遇率。

5 结束语

综上所述,水平井在提高油田储量可利用率、勘探剩余油和提高采收率中发挥了重要作用。水平井钻井施工过程中会遇到多种技术难题,影响水平井钻井的成功率。优化水平井地质设计是提升水平井开发效果的关键和基础,因此,水平井在设计中,要综合考虑多种因素,并结合本地区、本区块的特点,把好关键环节,制定合理有效的技术措施,保证水平井钻井的成功率,最大可能发挥水平井开发的优势。

参考文献:

- [1] 朱卫红,牛玉杰,陈新林,等.复杂油气藏水平井钻井地质设计及跟踪方法[J].钻采工艺,2010,33(1):111-116+128.
- [2] 刘猛,董本京,张友义.水平井分段完井技术及完井管柱方案[J].石油矿场机,2011(1):25.
- [3] 孙海芳,贺兆顺,杨成新.超薄油藏水平井钻井技术[J].石油钻探技术,2002,30(4):15-17.
- [4] 朱美,彭江苏,等.水平井地质设计方法与应用[J].内蒙古石油化工,2009(11).

作者简介:

夏凯(1983-),男,四川万县人,中级工程师,从事录井工程工作。