

Practice and innovation of horizontal well drilling supporting technology in Changqing Oilfield

Xinghua Fan

Changqing Drilling Corporation, Sinopec Chuanqing Drilling Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710021, China

Abstract

The Changqing Oilfield is a significant oil and gas production area in China, and the efficient development of its oil and gas resources is crucial for ensuring national energy security. This paper focuses on horizontal well drilling operations in the Changqing Oilfield, delving into its geological characteristics and the challenges faced during horizontal well drilling. It then provides a detailed account of the practical application of advanced drilling technologies in this oilfield, including drilling fluid technology, wellbore trajectory control technology, and drill bit selection and acceleration technology. Additionally, it discusses the issues present in current supporting technologies and proposes targeted innovative suggestions, which are expected to provide a reference for further improving the efficiency and quality of horizontal well drilling in the Changqing Oilfield.

Keywords

Changqing oilfield; horizontal well; fast drilling; supporting technology; innovative suggestions

长庆油田水平井优快钻井配套技术的实践与创新

范兴华

中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司, 中国·陕西 西安 710021

摘要

长庆油田是我国重要的油气产区, 其油气资源的高效开发对于保障国家能源安全而言具有关键的意义。本文就聚焦于长庆油田水平井钻井作业, 深入地剖析其地质特点及水平井钻井面临的挑战, 再详细地阐述优快钻井配套技术在该油田的实践应用, 其中包括钻井液技术、井眼轨迹控制技术以及钻头优选与提速技术等方面。同时针对当前配套技术存在的问题进行了探讨, 并且提出了具有针对性的创新建议, 有望为进一步提升长庆油田水平井钻井效率和质量提供参考。

关键词

长庆油田; 水平井; 优快钻井; 配套技术; 创新建议

1 引言

现阶段油气勘探的开发在不断地深入, 而水平井钻井技术凭借着有效增加油气井与储层的接触面积、提高单井产量等优势, 已然在长庆油田得到了广泛地应用。然而因为长庆油田复杂地质条件等因素影响, 所以水平井钻井的过程中面临诸多的挑战, 如井壁失稳、漏失、井眼轨迹控制难度大以及机械钻速低等问题, 均严重地制约了钻井效率和成本控制。因此研发和应用优快钻井配套技术, 成为了实现长庆油田水平井高效、低成本开发的必然选择。

2 长庆油田地质特点及水平井钻井面临的挑战

2.1 地质特点

长庆油田的地质构造复杂, 且地层岩性比较多样。其

地层主要包括了中生界的三叠系、侏罗系以及古生界的奥陶系等。岩石类型则涵盖了砂岩、泥岩、页岩以及碳酸盐岩等。因为泥页岩地层分布广泛, 且具有较强的水敏性, 它遇水易发生膨胀、分散, 从而会影响井壁的稳定性。此外地层中还存在着不同程度的裂缝和孔隙, 这无疑增加了漏失风险, 同时也对井眼轨迹控制带来了困难。

2.2 水平井钻井面临的挑战

2.2.1 井壁失稳

由于长庆油田泥页岩地层具备水敏性, 因此当钻井液与地层接触时, 泥页岩便容易吸收钻井液中的水分发生膨胀, 进而导致井壁岩石强度降低, 此时便会引发井壁失稳。另外复杂的地应力状态, 使得井壁在水平井钻井过程中承受着较大的剪切力, 此情况便进一步增加了井壁失稳的可能性。而井壁失稳不仅会导致卡钻、埋钻等事故, 影响到钻井的进度, 还可能会对井眼质量造成严重地损害, 进而增加了后续作业的难度和成本。

【作者简介】范兴华(1984-), 男, 中国甘肃泾川人, 本科, 工程师, 从事石油钻井工程研究。

2.2.2 漏失问题

地层当中的裂缝和孔隙，都在为钻井液的漏失提供通道。因为在钻井的过程中，钻井液液柱压力大于地层孔隙压力时，钻井液就会沿着裂缝和孔隙漏入到地层当中。一旦出现漏失问题，不仅会造成钻井液的大量浪费，增加钻井的成本，还可能会导致井壁失去钻井液的支撑，进一步加剧井壁失稳的情况。

2.2.3 井眼轨迹控制难度大

水平井钻井要求精确地控制井眼轨迹，使其能够准确地穿过目标储层。但是长庆油田复杂的地质条件，使得井眼轨迹地控制面临着诸多挑战。其中地层的各向异性、岩石硬度的变化以及地应力的不均匀分布等因素，都会导致钻头在钻进过程中发生偏移，钻头难以按照设计的轨迹钻进。同时水平段较长的水平井在钻进的过程中，因为钻具的摩阻和扭矩较大，也会增加井眼轨迹控制的难度。如果井眼的轨迹控制不当，就可能导致井眼无法有效地穿过目标储层，进而降低油气的采收率。

2.2.4 机械钻速低

长庆油田部分地层岩石硬度较高，且研磨性强，此原因使得钻头在钻进的过程中磨损严重，且机械钻速受到了极大的限制。不仅如此，复杂的地质条件还导致钻井的过程中需要频繁地调整钻井参数，如钻压、转速等，而这也一定程度上影响了机械的钻速。若机械的钻速较低，不光会延长钻井周期，还会增加钻井的成本，甚至还可能导致钻井过程中出现更多的复杂情况。

3 长庆油田水平井优快钻井配套技术实践

3.1 钻井液技术

3.1.1 抑制性钻井液体系

长庆油田研发和应用了抑制性钻井液体系，用于解决井壁失稳的问题。该体系主要通过添加强抑制剂，如有机盐、聚合醇等，来抑制泥页岩的水化膨胀。展开来说：有机盐能够在泥页岩表面形成一层保护膜，从而阻止钻井液中的水分进入到泥页岩地层，可有效地防止泥页岩的膨胀和分散。聚合醇则具有浊点效应，其在一定温度下能够在井壁岩石表面形成吸附膜，以此增强井壁的稳定性。同时抑制性钻井液体系还具有良好的流变性和携岩能力，能够确保钻井过程的顺利进行^[1]。

3.1.2 防漏堵漏技术

针对漏失问题，长庆油田采用了一系列防漏堵漏技术。首先便是在钻井液中添加合适的防漏堵漏材料，如纤维材料、颗粒材料等。由于纤维材料能够在裂缝中形成桥架结构，因此能够阻止钻井液的漏失。颗粒材料则可以填充孔隙，进而降低地层的渗透率。其次根据漏失情况，长庆油田采用了不同的堵漏方法。比如对于轻微漏失采用了随钻堵漏技术，即在钻井过程中实时地添加堵漏材料。再者通过优化钻井液

密度，使其既能平衡地层的压力，又能避免压力过高而导致的漏失问题。

3.2 井眼轨迹控制技术

3.2.1 地质导向技术

地质导向技术是水平井钻井中，能够实现精确井眼轨迹控制的重要手段。而在长庆油田的水平井钻井中，其利用随钻测井（LWD）和随钻地震（SWD）等技术，做到了实时获取地层的地质信息，如地层岩性、电阻率、伽马射线等。随后通过对这些地质信息的分析，地质导向工程师就能够准确地判断井眼与目标储层的相对位置关系，并以此为依据及时地调整钻井参数，使井眼能够沿着目标储层的最优位置钻进。

3.2.2 旋转导向钻井技术

在当下，旋转导向钻井技术是一种先进的井眼轨迹控制技术，其能够有效地提高水平井钻井的效率和质量。对于长庆油田来说，旋转导向钻井系统通过井下传感器，可以实时地测量井眼的位置和姿态信息，然后还能将这些信息传输给地面控制系统。接着地面控制系统即可根据预设的井眼轨迹和实际测量数据，计算出需要调整的参数，并且通过控制井下工具的执行机构，做到实时地调整钻头的钻进方向。此方式与传统的滑动导向钻井技术相比来说，能够实现连续的旋转钻进，可在一定程度上减少钻具的摩阻和扭矩，且提高了机械钻速，同时也能够更精确地控制井眼轨迹。

3.3 钻头优选与提速技术

3.3.1 个性化钻头设计

针对长庆油田不同地层的岩石特性，相关人员开展了个性化的钻头设计。其提前对于地层岩石的硬度、研磨性、可钻性等参数进行了分析，再结合钻井工艺要求，最终设计出了适合不同地层的钻头。例如，对于硬度较高的砂岩地层，可采用具有高强度切削齿和合理布齿方式的 PDC 钻头，如此能够有效地提高钻头的破岩效率。又如对于研磨性较强的地层，则可采用抗研磨性能好的 TSP 钻头。

3.3.2 提速工具应用

为了进一步提高机械的钻速，长庆油田在水平井钻井中应用了多种提速的工具。其中螺杆钻具便是常用的提速工具之一。因为螺杆钻具能够将钻井液的液压能转化为机械能，以此为钻头提供额外的扭矩和转速，从而提高破岩效率。同样地，水力振荡器也是一种有效的提速工具。但水力振荡器是通过在钻柱内产生周期性的轴向振动，达到降低钻具的摩阻，使钻头能够更顺利钻进的效果，其也可提高机械的钻速^[2]。

4 长庆油田水平井优快钻井配套技术存在的问题

4.1 钻井液体系适应性有待进一步提高

尽管抑制性钻井液体系在一定程度上解决了井壁失稳的问题，但对于一些极端复杂的地层来说，如强水敏性且裂

缝发育的泥页岩地层,现有的钻井液体系仍难以完全的满足要求。同时随着环保要求的日益严格,现有的钻井液体系在环保性能方面也存在一定的不足,已有的部分钻井液添加剂难以进行生物降解,在使用过程中可能会对环境造成污染。

4.2 井眼轨迹控制技术仍需完善

地质导向技术虽然能够帮助相关人员实时地获取地层地质信息,但在一些地质条件极为复杂的区域,如地层岩性变化频繁、存在断层等区域,地质信息的解释和井眼轨迹的预测已然存在着一定的误差。

4.3 钻头和提速工具的使用寿命有限

在长庆油田的复杂地层之中,钻头和提速工具的磨损较为严重,致使其使用寿命有限。而这不仅增加了钻头和提速工具的更换频率,延长了钻井周期,同时还增加了钻井成本。

5 长庆油田水平井优快钻井配套技术创新建议

5.1 研发新型钻井液体系和防漏堵漏技术

当前长庆油田现有的抑制性钻井液体系,在应对部分复杂的地层时已经显露出了局限性。为攻克这一难题,相关部门需加大研发投入,全力地开发具有更强抑制性与卓越环保性能的新型钻井液体系。而纳米材料因其独特的小尺寸效应、表面效应和量子尺寸效应,展现出了极大的应用潜力。对于有关纳米材料的钻井液添加剂研发时,科研团队可深入地研究纳米粒子与泥页岩表面的相互作用机制。

在防漏堵漏技术优化方面,传统的堵漏材料和方法在面对复杂的漏失通道时效果欠佳。此时新型智能堵漏材料的研发就成为了关键的突破点。由于这种智能堵漏材料可利用形状记忆合金、智能凝胶等智能材料的特性。因此当堵漏材料进入漏失通道之后,其能借助自身的感知机制,自行的根据漏失通道的温度、压力以及大小和形状等参数的变化,来调整自身的形态和性能。

5.2 提升井眼轨迹控制技术水平

地质导向技术作为精准控制井眼轨迹的核心手段之一,在长庆油田复杂多变的地质条件下,其信息解释精度和井眼轨迹预测的准确性依然亟待提升。基于此可借助大数据技术,广泛地收集以往长庆油田水平井钻井过程中的各类地质数据、测井数据以及钻井参数等信息,进而构建庞大的数据库。随后运用数据挖掘算法,再深入地分析数据之间的内在关联,从中挖掘出地质特征与井眼轨迹变化之间的规律。接着引入人工智能中的机器学习和深度学习技术,即可训练出能够准确识别地层岩性、预测井眼轨迹变化趋势的模型^[3]。

而对于旋转导向钻井技术而言,小井眼水平井钻井作

业中设备空间受限的问题严重制约了其应用。所以在开展设备小型化研究时,需从机械结构设计、电子元器件选型以及动力传输方式等多个方面入手进行优化。如采用微机电系统(MEMS)技术,将部分传感器和执行机构进行微型化的设计,从而减小设备的体积。又如研发新型的紧凑型动力传输装置,即可在保证足够扭矩和功率输出的前提下,降低设备的整体尺寸。

5.3 提高钻头和提速工具的性能与寿命

钻头和提速工具在长庆油田复杂地层中的磨损机理探究,是提升其性能与寿命的关键前提。目前通过扫描电子显微镜(SEM)、能谱分析(EDS)等先进材料分析技术,便可对使用后的钻头切削齿和提速工具表面进行微观结构和成分地分析,以此明确磨损的主要形式,如磨粒磨损、冲蚀磨损、疲劳磨损等等,并且确定导致磨损的关键因素,像地层岩石硬度、研磨性、钻井液性能以及钻井参数等。但在改进材料性能方面,则要针对不同地层的磨损特点,研发出新型的钻头切削齿材料。例如对于高研磨性地层,需采用在硬质合金中添加稀土元素或者纳米增强相的方法,来提高切削齿的硬度、韧性和耐磨性。

面对提速工具来说,建立完善的设备监测系统是保障其稳定运行的重要举措。为此可利用传感器技术,实时地监测螺杆钻具、水力振荡器等提速工具的转速、扭矩、振动、温度以及压力等运行参数。但该操作需通过无线传输技术,将这些数据实时地传输至地面控制系统,再运用数据分析算法对于监测数据进行实时地分析。一旦发现设备运行的参数存在异常,系统需要立即发出预警信号,并通过智能诊断算法快速地定位故障原因。

6 结语

综上所述,长庆油田水平井优快钻井配套技术的实践与创新对于提高油田的开发效率和经济效益具有重要的意义。本文经过深入地分析对地质特点和钻井挑战,研发和应用了一系列钻井配套技术,从而在一定程度上解决了井壁失稳、漏失、井眼轨迹控制和机械钻速低等问题。但现有的配套技术还存在着一些不足之处,依然需要进一步地进行创新和完善。

参考文献

- [1] 孙晓日.神木气田水平井优快钻井配套技术[J].辽宁化工,2022,51(08):1170-1173.
- [2] 王光宇,张文宁.水平井优快钻井技术与认识[J].西部探矿工程,2022,34(09):41-42+46.
- [3] 赵成龙,王煜孟,李萍,等.曲9区块水平井钻井液优快钻井技术[J].中国井矿盐,2024,55(03):14-15+24.