

低渗透油田注水开发工艺技术分析

聂安琪,王 团*,黄天怿,黄亚东

(延长油田股份有限公司靖边采油厂,陕西省靖边市,718500)

摘要 低渗透油田的注水开发是一种常见的提高采收率的方法,然而由于低渗透性质,传统的注水技术在这些油田中的效果通常较差。为了克服这一难题,开发适用于低渗透油田的特殊工艺技术显得尤为重要。本文分析了低渗透油田的特点及其对注水开发工艺的影响,综合论述了对当前低渗透油田注水开发技术的优化方法,包括注水压裂、体积压裂、化学驱油、射孔优化以及智能水合理配置等先进工艺的应用,并对其效果进行分析。提出在低渗透油田注水开发中需要注意的关键因素和未来可能的发展趋势。

关键词 低渗透油田;注水开发;压裂技术;化学驱油;智能水;提高采率

中图分类号:TE357.6 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2024)10-0010-03

在油气田开发中,低渗透油田由于其固有的储层特性,如低渗流性、孔隙结构复杂等特点,给注水提高采收率带来了一系列挑战。因此,传统的注水技术往往难以在这些油田中取得满意效果。为了提高低渗透油田的经济回收率,需对注水工艺进行特殊设计和技术创新。本文旨在分析低渗透油田注水开发的工艺技术,提出相应的优化措施和发展方向。

1 低渗透油田特点与注水开发挑战

1.1 低渗透油田的定义与分类

低渗透油田指的是那些具有低渗透性储层的油田,其特点是储层内部的孔隙非常细小,渗透率通常低于1毫达西。这类油田可细分为多种类型,根据岩石的孔隙结构和流体的运动特性,可以分为细孔隙、微孔隙或裂缝性低渗透油田等。不同类型的低渗油田在物理特征、流体动力学行为以及开发策略上都有所差异。

1.2 低渗透油田注水开发面临的挑战

低渗透油田注水开发面临的挑战较为复杂。首先,注水压裂是提高低渗透油田开采效率的常用

方法,但由于低渗透储层的孔隙和通道狭小,注水面临着较大的阻力,难以实现有效的流体输送和均匀分布,导致驱油效率不高。此外,注水压力过高可能会造成储层损害,影响油气的后期回收。注水过程还会受到地层水和注入水的相容性问题的影响,化学反应可能导致储层堵塞,进一步降低了渗透率。

2 低渗透油田注水开发技术

2.1 注水压裂技术

注水压裂技术在低渗透油田开发中是一个关键技术,它通过向储层注入高压水或其他压裂液来创建或扩大储层中的裂缝,从而提高油层的渗透性,使油更易于流动,增加油田的产量。在注水压裂的过程中,首先会对储层的地质特征、力学性质和原有裂缝系统进行详细评估,这些信息用于设计压裂方案,包括选择适合的压裂液、确定压裂规模、压裂压力和注水速率等。其次,将压裂液通过注水井泵入地下油层,在油层内部生成裂缝或扩展原有的裂缝,破坏油岩的应力平衡。为了保持裂缝的开放状态并提高裂缝的导流能力,通常会在压裂液中加入支撑剂,如石英砂或陶粒。注水压裂技术催生了油气从原本的低渗透储层中的流动,大大提升了低渗透油田的开发效益。然而,这一技术也存在一定的挑战。例如,压裂操作需要仔细控制,以确保破坏的裂缝能够有效地连接到储油空间,有时候可能会因为地质条件复杂导致压裂效果不理想。此外,反复的注水压裂可能会影响储层的长期稳定性,需要对储层进行严格的耐久性和稳定性评估。

作者简介:聂安琪(1990~),男,汉族,陕西靖边人,本科,助理工程师,研究方向:油田开发。

通讯作者:王团(1987~),男,汉族,陕西靖边人,本科,助理工程师,研究方向:油田开发。

因此,注水压裂项目的成功极大地依赖于对油田地质情况的充分了解、压裂技术的精确执行以及裂缝行为的精细监测。随着信息技术和地球物理探测技术的发展,能够更为精确地模拟压裂过程和裂缝扩展情况,帮助工程师设计更加高效且环境友好的注水压裂方案。

2.2 体积压裂技术

体积压裂技术是针对低渗透油气藏开发的关键技术之一,它是一种高效的人工增产措施,通过在油气藏中创建大体积、复杂网络的裂缝系统,显著提高储层的渗透率,进而增加了油气的产量。这种技术在传统的压裂技术基础上发展而来,与常规的水力压裂技术不同的是,体积压裂要求在更大范围和更多层次上对储层进行改造。在体积压裂过程中,会使用大量的压裂液和支撑剂,以高压将这些材料注入油气井中,压力足以破裂岩石并扩展原有裂缝或者创建新的裂缝网络。为了保持这些裂缝在压裂后能够保持开放状态,会将支撑剂嵌入到裂缝中。支撑剂的选择对于裂缝导流能力和裂缝保持开放有重要影响,常见支撑剂包括石英砂、陶粒、弹性体颗粒等。实施体积压裂时,技术人员需要通过地质评价、岩石力学分析、地应力分布研究和流体力学模拟等多学科交叉分析,设计出最佳的压裂方案。这种方案要考虑多个因素,如井下作业条件、压裂液性能、支撑剂类型和用量,以及地层响应等。另外,为了提升体积压裂的效果,还需要对裂缝的扩展和支撑剂的分布进行实时监控和评估。体积压裂由于可以在大范围内改变储层渗透性,因此特别适合于分布面积广、层间非均质性强的低渗透油气藏。该技术的挑战在于需要精确控制压裂过程,并且对所使用的物质如压裂液、支撑剂的环境影响有足够的认识,确保压裂作业对环境的影响降到最低。随着技术的不断进步,体积压裂正在向着更环保、更高效、更智能的方向发展。

2.3 化学驱油技术

化学驱油技术是一种提高采收率的重要手段,尤其适用于低渗透油田。它通过向储层中注入化学剂,改变油水相间的物理和化学性质,降低油水界面张力,增加驱油效率,从而达到提高原油采收率的目的。这项技术是复杂流体系统中多相流动和传质过程的一部分,涉及化学剂的筛选、配方优

化、注入策略及油藏响应评价等方面。在实际应用中,常用的化学剂主要包括表面活性剂、聚合物和碱。表面活性剂能够显著降低油水界面张力,帮助排驱残余油;聚合物可以增加驱替液的粘度,改善注水的流动剖面,减少水的通道和指向性,使得水驱过程更加均匀;碱则主要用于中和油层中的酸性组分,通过碱化作用生成表面活性剂,从而降低油水界面张力。化学驱油过程中,化学剂的选型和配比是一项技术挑战,需要考虑油藏特性、原油性质、成本效益以及潜在的环境影响。适宜的化学剂需要对地层和原油具有良好的适应性,并且在油藏条件下稳定、高效。同时,投资效益分析也是化学驱项目设计和实施过程中的重要环节,决定了技术经济可行性。此外,在执行化学驱油过程中,还需要综合考虑注入水质、注入方式、注入速率以及如何最佳地结合地层压裂等物理方法。对于低渗透油田,还要优化注入策略,以适应储层的特殊条件和挑战,比如注入压力管理、注入周期调整等。最后,化学驱油不仅要考虑短期效益,还要注重长期的油田管理和环境保护。将化学驱与其他油藏管理手段结合应用,多手段协同,可以进一步提高低渗透油田的综合开发效果。同时,也需关注化学剂的环境安全性,采取必要措施减少对环境的不良影响。

2.4 射孔优化

射孔优化是低渗透油田注水开发技术中的一项关键技术,旨在提高射孔质量以确保有效的流体传输和提高油田的生产效率。在低渗透油田中,由于储层孔隙度和渗透率本就低下,因此优化射孔过程尤其重要,其目的是为了最大化地增加油水流动的渠道和面积,降低流动阻力,并避免不必要的地层损害。射孔过程通常涉及使用射孔枪在套管和围岩之间通过爆破形成孔道。这些孔道就是油气或注水进出储层的通道。在射孔时,需要考虑很多因素,比如射孔枪的射孔密度、射孔深度、射孔相位、射孔弹药的能量以及子弹的类型等。高质量的射孔可以减少近井区的压力损失,提高油气井的生产能力或注水井的注水效果。为了实现射孔优化,必须先详细了解储层的物理和化学特性,然后通过精确的工程设计与计算来确定最优的射孔参数。这需要围绕射孔枪的配置、射孔孔径大小、形态以及射孔枪与储层的相对位置等方面进行综合考虑。

随着现代技术的发展,射孔优化还可以借助先进的数值模拟软件来进行预测和优化,可通过建立数学模型模拟射孔后形成的裂缝网络扩展情况和流体在近井区的流动规律,以及射孔对储层伤害的评价。此外,现场实验和历史数据分析也是射孔优化中常用的手段。

2.5 智能水注入技术

智能水注入技术是一种针对低渗透油田的注水开发技术。通过采用智能化的注水系统,可以实现对注入水的精准控制和实时监测,提高油田的采收率和生产效益。具体来说,智能水注入技术利用先进的传感器和控制系统,对油田的地质情况、注水情况以及生产数据进行实时监测和数据采集。根据采集到的数据,系统可以自动调整注水量和注水压力,确保注入水能够充分渗透到油田的储层中,并有效地驱替出更多的油。此外,智能水注入技术还可以结合其他先进技术,如数值模拟技术、大数据分析技术等,对油田的生产数据进行深入分析和预测,为油田的生产管理提供科学依据。总之,智能水注入技术是低渗透油田注水开发中的一项重要技术,它可以提高油田的采收率和生产效益,降低生产成本,为油田的可持续发展提供了有力支持。

3 关键因素和发展趋势

在低渗透油田注水开发中,对注水工艺的选择和优化是提高开发效率和经济回报的关键。由于低渗透油田具有微细孔隙、原始渗透率低等独特的储层特性,这就要求在注水开发过程中采用高度精细化并且能适应其储层条件的技术。注水压力控制对保证高效注水至关重要,适当的压力不仅能够保证注水效率,还能避免因压力过大造成的储层损害。另外,注水过程中水质的管理同样不容忽视,注水液的选择需要兼顾充分驱替和储层保护,降低水锁效应和注水引起的储层污染问题。有效的数据监测和分析也是低渗透油田注水开发的重点,利用现代传感技术和实时数据采集系统,可以及时获

取储层响应情况,针对性地调整注水策略,实现智能化注水管理。注水开发的未来发展趋势,将更多地依赖于技术的进步和创新。随着人工智能、机器学习等技术的应用,未来的注水开发将朝着智能化和自动化方向发展。通过对大量历史数据的挖掘和学习,可以更准确地模拟储层性能和注水效果,为决策提供科学依据。此外,注水工艺可能会融合更多的新兴技术,比如纳米技术在提高注水剂性能方面的应用,或者是通过生物技术改变注水液性质,以适应复杂储层环境。同时,环境保护和可持续发展的理念也将影响注水开发的技术选择。注水活动对周围环境的影响日益成为公众关注的问题,因此采用环保型注水剂、降低注水活动过程中的碳排放将成为未来发展的一部分。结合地面设施的优化设计、能耗降低和排放控制将成为行业规范。总之,低渗透油田注水开发未来的发展将是一个多学科、多技术融合创新的过程,旨在实现高效、经济、环保的油田开发目标。

4 结语

对低渗透油田注水开发的不断研究与技术创新,表明通过合适的工艺技术可以有效提高该类油田的开发效率和经济利益。尽管存在一系列技术和管理上的挑战,但随着工艺技术的不断优化与创新,以及精细化管理的推进,低渗透油田的开发前景依然值得期待。未来的工艺技术发展需关注环境保护、成本效益和技术的智能化,以实现低渗透油田可持续开发的目标。

参考文献

- [1] 弋忠.低渗透油田注水开发工艺技术分析[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(16):166-168.
- [2] 白晓骏.低渗透油田注水开发工艺技术分析[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(19):154-156.
- [3] 胥敬怡.低渗透油田有效注水工艺技术分析[J].全面腐蚀控制,2022,36(01):72-73.
- [4] 慕丹.低渗透油田注水开发工艺技术研究[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(13):173-174.