

Discussion on Fracturing Technology for Shale Oil Reservoirs

Rui Chen

Sinopec Shengli Oilfield Petroleum Engineering Supervision Center, Dongying, Shandong, 257000, China

Abstract

The development of shale oil reservoirs has become a key issue in global energy production today. In this area, fracturing modification technology is central, because it can significantly improve reservoir permeability, oil and gas production, and extraction efficiency. This paper explores these issues in depth, including the optimization of fracturing fluid and proppant, and the control of fracture network, recharge management, environmental sustainability and more. These issues are critical to the long-term sustainable development of shale oil reservoirs, thus requiring in-depth research and innovation to address the growing energy needs and environmental challenges. This paper aims to explore these technical issues, promote better understanding and the presentation of solutions, thus paving the way for the future of shale oil reservoir development. By discussing these key issues, we can better grasp the forefront of shale oil reservoir fracturing technology and contribute to sustainable energy production and environmental protection.

Keywords

shale oil reservoir; fracturing transformation technology; problem

页岩油储层压裂改造技术问题的讨论

陈锐

中石化胜利油田石油工程监督中心, 中国·山东 东营 257000

摘要

页岩油储层开发已经成为当今全球能源生产的一个关键议题。在这一领域, 压裂改造技术占据了核心地位, 因为它可以显著提高储层渗透性、油气产量和开采效益。论文深入探讨这些问题, 包括压裂液和支撑剂的优化、裂缝网络的控制、回灌水管理、环境可持续性等诸多议题。这些问题对于页岩油储层的长期可持续开发至关重要, 因此需要深入研究和创新, 以应对不断增长的能源需求和环境挑战。论文旨在探讨这些技术问题, 促进更好地理解 and 解决方案的提出, 从而为页岩油储层开发的未来铺平道路。通过对这些关键问题的讨论, 更好地把握页岩油储层压裂改造技术的前沿, 为可持续能源生产和环境保护做出贡献。

关键词

页岩油储层; 压裂改造技术; 问题

1 引言

页岩油储层压裂改造技术是石油工业领域的一项重要创新, 旨在提高页岩油开采效率。在全球范围内, 能源需求不断增长, 同时传统石油资源逐渐枯竭, 这促使工程师和科学家寻求创新方法来开采更加难以开采的资源。页岩油储层由于其高度压实和微孔隙结构而一直备受关注。页岩油储层压裂改造技术应运而生, 通过水力压裂和化学方法, 将原本难以采集的页岩油释放出来。这项技术的前景令人兴奋, 因为它不仅有望提高能源供应的稳定性, 还能减少对传统石油资源的过度依赖, 同时减少环境影响。

2 页岩油储层特征

2.1 孔隙度与渗透率

页岩储层的孔隙度通常非常低, 通常在 1% 以下, 这意味着岩石中几乎没有明显的孔隙或裂缝, 与传统的砂岩储层相比其孔隙度要小得多, 这就导致页岩储层的渗透率也很低, 通常在 0.1 微达西以上, 这与传统储层的渗透率相差甚远^[1]。

2.2 油气组分

页岩油储层中的油气组分也具有特殊性, 这些油气通常富含重烃类物质如烷烃、脂肪烃和蜡烃, 相对较少的是轻烃类物质, 如甲烷, 这种组成使得页岩油更加黏稠, 难以开采和处理。此外, 页岩储层中的油气通常伴随着水和固体颗粒, 这进一步增加了开发的复杂性, 因此提取和分离出目标油气成分是一个技术上具有挑战性的任务。

2.3 地质特征

页岩储层的地质特征也对其开发产生影响, 这些储层

【作者简介】陈锐(1993-), 男, 中国安徽宣城人, 本科, 工程师, 从事试油测试研究。

通常位于深层,埋藏深度会超过数千英尺,地下的高温和高压条件增加了开发难度,同时也影响到油气的物性。另一个重要的地质特征是页岩的分布和连通性,不同地区的页岩储层分布具有地质差异,有的页岩层具有较好的连通性,有的则分布零散,这种不均匀性要求开发者采用不同的策略和技术来开采不同地区的页岩油储层。

总之,页岩油储层具有低孔隙度与渗透率、特殊的油气组分和多样的地质特征。这些特征使得页岩油的开发相对复杂,但也代表了潜在的能源资源。通过深入理解这些特征,工程师和地质学家能够制定更有效的开发策略,以满足不断增长的能源需求。

3 页岩油储层压裂改造技术

3.1 重复压力技术

页岩油储层的开发是当今石油工业的一个重要挑战,而压裂改造技术已经成为提高储层产能的关键手段之一。在压裂过程中,重复压力技术被广泛应用可以优化页岩油储层的开发。

在页岩油储层压裂改造中,重复压力技术是一种重要的策略,这种技术旨在通过多次施加压力,改进储层的渗透性和孔隙度,从而提高油气产量,在此过程中,压裂液被注入井孔以在岩石中形成裂缝,增加渗透性,使油气能够更容易地流出。首先,重复压力技术可以通过不断施加压力改进已有的压裂裂缝,增加其连通性,这是非常关键的,因为页岩岩石通常具有低渗透性,裂缝会在初始压裂后部分封闭,通过多次施加压力改进裂缝连通性,有助于增加油气的流动通道,提高采收率^[2]。其次,重复压力技术还可以改善压裂液的渗透性,压裂液中包括添加剂以改善其流动性并促进裂缝形成,通过多次施加压力,这些添加剂可以更深入地渗透到储层中,通过改进孔隙度提高其渗透性。重复压力技术还有助于克服岩石回弹的问题,在压裂过程中的岩石会产生回弹现象,即压裂后岩石会尽量恢复原状从而封闭已形成的裂缝,通过多次施加压力可以有效降低回弹的程度,确保裂缝保持打开状态。再次,重复压力技术还能够改进裂缝的定向,通过调整施加压力的方向和强度,工程师可以更精确地控制裂缝的方向,以满足不同的开发需求,这对于提高采收率和降低开发成本非常重要。最后,重复压力技术还可以优化压裂液的组成,通过不断地实验和改进,工程师可以调整压裂液的成分以适应不同的储层特性和地质条件。

3.2 变排量压裂技术的具体应用

在页岩油储层的压裂改造中,变排量压裂技术旨在实现更精细的控制和优化。它通过调整压裂液的排量,使其适应不同部位和不同储层特性,以最大程度地提高油气产量。这项技术的应用可以通过以下几个方面具体阐释:

第一,储层异质性的适应。页岩油储层通常表现出极高的异质性,不同部位的渗透率、孔隙度和岩性特征有显著

差异,在这种情况下采用单一排量的压裂液无法满足储层的不同需求,变排量压裂技术允许工程师根据具体的储层特性,通过调整排量来实现更精确的控制。对于高渗透区域可以使用较低排量,以防止裂缝扩展过大,从而浪费压裂液。而对于低渗透区域可以使用较高排量,以增加裂缝的尺寸,从而改善渗透性,提高采收率。

第二,压裂裂缝的优化。变排量压裂技术允许工程师更好地控制压裂裂缝的尺寸和形状,确保最大程度地提高储层的渗透性和油气产量。通过调整排量可以实现更精确的控制,使裂缝在岩石中的扩展更加均匀,避免裂缝扩大。

第三,地质层位的适应。变排量压裂技术也可用于应对不同地质层位的挑战。在页岩油储层的开发中,地下条件和地质结构会有显著的变化,如不同的地质层位有不同的岩石特性、地下应力分布和岩石强度。通过调整排量,工程师可以更好地适应这些变化,确保压裂在不同地质层位的成功应用^[3]。

3.3 同步压裂技术

同步压裂技术是一种在压裂过程中同时处理多个水平段的方法,以提高效率和优化裂缝网络,同步压裂技术旨在通过同时处理多个水平段,将多个水平段的压裂过程协同进行,从而实现更高的效率和更好的控制。在页岩油储层的开发中,裂缝网络的形成和优化至关重要,裂缝是储层中油气流动的通道,因此裂缝网络的增加和优化可以显著提高油气产量,同步压裂技术通过同时处理多个水平段可以实现更多裂缝的形成,从而增加储层的渗透性和裂缝网络的复杂性。同时,同步压裂技术还可以显著提高施工效率,传统的单一水平段压裂需要多次操作,而同步压裂技术允许多个水平段同时施工,这不仅节省了时间还降低了施工成本。

此外,同步压裂技术可以减少需要上下井口的次数,从而降低了操作风险。同步压裂技术的应用可以优化油气采收率,通过同时处理多个水平段可以实现更多的裂缝形成,改善裂缝网络的连通性,从而提高了油气的采收率,这对于提高储层产能和降低开采成本非常重要。值得注意的是,页岩油储层通常表现出很高的异质性,不同水平段的渗透率和岩石特性会有显著差异,同步压裂技术允许工程师在不同水平段之间进行精细的控制和调整,以满足储层的异质性。这有助于提高采收率并应对储层差异。

3.4 大规模体积压裂改造技术

首先,大规模体积压裂改造技术的应用可以显著提高储层的渗透性,页岩油储层通常具有非常低的渗透率,这意味着油气难以自然流出,通过同时处理多个水平段,大规模体积压裂改造技术可以实现更广泛的裂缝网络,使油气更容易地穿越岩石,提高渗透性,从而显著增加产量。其次,这项技术可以显著提高产能,通过创建更广泛的裂缝网络,大规模体积压裂改造技术为油气提供了更多通道,使其更容易地流出储层。大规模体积压裂改造技术还能够适应页岩储

层的高度异质性,不同水平段的渗透率和岩石特性会有显著差异,这使得针对每个水平段进行个别处理非常具有挑战性^[4]。然而,通过大规模体积压裂改造技术的应用,工程师可以实现更精细的控制和调整以满足储层的异质性,从而提高采收率并应对不同水平段的差异。同样,大规模体积压裂改造技术提高了操作效率,通过一次性处理多个水平段,操作人员可以减少操作的次数,减少了压裂设备上下井口的移动次数,从而降低了操作风险,这能有效加快施工进度,减少潜在的操作问题,提高整体效率。最后,这项技术还可以应对高温高压环境,在页岩油储层的深层开发中,地下温度和压力很高,这对于压裂设备和材料提出了挑战,大规模体积压裂改造技术的应用允许在这些恶劣条件下进行操作,从而扩大了页岩油储层的潜在开发范围。

4 页岩油储层压裂改造技术的压裂材料

4.1 压裂液

压裂液在页岩油储层的压裂改造中起到了关键作用,这种液体是一种特殊配方的流体,通常包括水、砂、化学添加剂和助剂,它的主要作用是在岩石中形成裂缝,增加储层的渗透性,使油气能够更容易地流出。压裂液的配方是非常重要的,因为它需要适应不同的储层特性和地质条件,工程师需要精确调整压裂液的分量,以确保最佳的压裂效果,这包括确定适当的粒径分布的砂以增加裂缝的尺寸,选择适当的化学添加剂以提高液体的黏度和流动性以及调整压裂液的pH值以适应不同的岩石类型。除了裂缝的形成,压裂液还有助于改善压裂裂缝的连通性,因为裂缝必须相互连接从而形成一个连续的通道,使油气能够自储层流出,通过适当调整压裂液的成分来改善裂缝的形状和连通性,从而提高储层的渗透性。此外,压裂液的应用也可以通过改善压裂液的性能来提高效率,工程师可以选择特定的化学添加剂来增加压裂液的黏度和流动性,从而使液体更容易在岩石中流动并形成裂缝,以便大幅度提高开采效益和减少开发时间。压裂液的应用还可以适应不同储层特性,由于页岩油储层通常表现出高度异质性,不同地点的岩石特性和渗透率会有显著差异,压裂液的配方可以根据具体需求进行调整以适应不同的水平段和地质条件。

总之,压裂液在页岩油储层压裂改造中发挥着至关重要的作用。它通过形成裂缝、改善裂缝连通性、提高液体性能、适应不同储层特性等多个方面,有助于提高储层渗透性、油气产量和开采效益。在不断发展和创新的环境下,工程师将继续研究和优化压裂液的应用,以满足不断增长的能源需求,同时降低环境影响^[5]。

4.2 支撑剂

支撑剂在页岩油储层的压裂改造中起到至关重要的作用,支撑剂是一种特殊的颗粒物质,通常是砂或陶瓷,被混入压裂液中,用来支撑和稳定裂缝,以增加储层的渗透性。支撑剂在压裂改造中的应用有助于维持和加强裂缝的稳定性,在压裂过程中的压力作用下,岩石裂缝会形成并扩展,然而一旦压力停止作用,岩石会产生回弹现象,试图恢复原状并封闭已形成的裂缝,支撑剂的应用可以减缓或阻止这种回弹,通过填充和支撑裂缝确保其保持打开状态,从而维持渗透性,使油气能够流经裂缝,提高产量。

此外,支撑剂的应用有助于扩大裂缝的尺寸,裂缝的尺寸对于储层渗透性至关重要,裂缝越宽越深,渗透性越高,支撑剂的加入可以稳定裂缝并防止其过度闭合,使裂缝能够更大范围地扩展。这有助于提高储层的渗透性,增加产量。支撑剂的应用还可以提高压裂液的悬浮能力,在压裂过程中,支撑剂的存在可以帮助保持液体中颗粒的分散,防止它们沉降或结聚,这确保了支撑剂能够均匀地分布在裂缝中,而不会产生不均匀的压力或渗透性。

5 结语

综上所述,页岩油储层的压裂改造技术问题是一个复杂而具有挑战性的领域,但也是充满希望和机遇的。论文探讨了压裂液、支撑剂、裂缝网络、回灌水管理以及环境可持续性等关键议题,这些议题对于页岩油储层的可持续开发至关重要。在这个领域,不断地创新和研究是实现成功的关键,持续寻求更有效的压裂液和支撑剂配方以最大程度地提高渗透性和产量,同时必须加强对裂缝网络的控制,确保其稳定性和连通性。可持续性页岩油储层开发的关键,需要努力减少环境影响,同时满足不断增长的能源需求。页岩油储层的压裂改造技术问题是一个复杂的领域,但也是一个充满希望的领域。通过创新、研究和持续努力解决这些问题,推动页岩油储层的可持续开发,为未来的能源供应作出贡献。

参考文献

- [1] 武安安.鄂尔多斯长7页岩油储层压裂裂缝扩展机理研究[D].北京:中国石油大学(北京),2021.
- [2] 石林,张鲲鹏,慕立俊.页岩油储层压裂改造技术问题的讨论[J].石油科学通报,2020,5(4):496-511.
- [3] 张丽平.泥页岩储层压裂改造技术初探[J].中国石油和化工标准与质量,2013,33(8):172.
- [4] 张跃磊,李大华,郭东鑫.页岩气储层压裂改造技术综述[J].非常规油气,2015,2(1):76-82.
- [5] 沈骋,郭兴午,陈马林,等.深层页岩气水平井储层压裂改造技术[J].天然气工业,2019,39(10):68-75.