

板桥合水地区长8储层高效增产模式研究

尉迟庆满^{1,2,3} 郭峰^{1,2} 朱小萌⁴ 芮宁³

1. 西安石油大学地球科学与工程学院 陕西西安 710000;

2. 西安石油大学陕西省油气成藏地质学重点实验室 陕西西安 710000;

3. 中国石油长庆油田分公司第十二采油厂 甘肃庆阳 745400;

4. 中国石油长庆油田分公司 陕西西安 710000

DOI: 10.12238/ems.v7i2.11662

[摘要] 鄂尔多斯盆地板桥-合水地区的长8储层在我国油气资源开发领域占据着极为重要的地位。该地区作为我国重要的含油气盆地之一,其蕴含的石油和天然气资源是我国能源安全战略的关键组成部分。当前板桥-合水地区长8储层在开发过程中面临着诸多难题。从储层自身特性来看,其物性差,孔隙结构复杂,微观非均质性较强,油水关系也较为复杂。而且,该储层的开采难度较大,常规的开采手段往往无法达到理想的油气产量,这就迫切需要探索更为高效的增产模式。开展板桥合水地区长8储层高效增产模式的研究具有重要意义。

[关键词] 储层特性、高效增产、油气产量

1、长8储层高效增产模式研究的目的和方法

1.1 高效增产模式研究的目的

本文旨在探索出一套适合板桥合水地区长8储层的高效增产模式,以解决该储层目前在开发过程中面临的诸多难题,充分挖掘其生产潜力,提升油气产量,保障能源供应安全,并为后续类似储层的开发提供有益借鉴。

1.2 高效增产模式研究的方法

1) 地质分析方法

运用地层学、构造地质学、沉积学等相关理论,深入研究板桥合水地区长8储层的沉积环境、构造背景以及地层发育特征等。通过分析该地区在地质历史时期的沉积过程,明确其主要的沉积相类型,像三角洲前缘亚相的发育情况,以及水下分利河道砂体等有利储集相带的分布范围与特征,因为不同的沉积环境会造成储层在岩性、孔隙结构等方面的差异,进而影响油气的赋存与开采难易程度。同时,剖析构造背景对储层形成的控制作用,包括构造运动产生的断裂、褶皱等构造样式如何影响沉积相带的展布以及砂体的叠置关系等,这些对于掌握储层分布规律有着关键意义。

2) 实验研究方法

借助常规物性测试、铸体薄片分析、扫描电镜观察以及高压压汞等实验手段,对长8储层的岩石学特征、孔隙结构、物性参数等进行细致测定与分析。例如,通过常规物性测试获取储层的孔隙度、渗透率等基础数据,了解其物性条件;利用铸体薄片分析能够清晰地观察岩石的矿物组成、颗粒接触关系以及孔隙类型等微观特征;扫描电镜则可进一步揭示孔隙的微观形貌和更细微的结构特点;高压压汞实验有助于掌握孔隙喉道的大小、分布以及连通性等情况,这些参数都是评价储层质量和渗流能力的重要依据,也为后续制定增产措施提供关键的数据支撑。

3) 实例对比方法

收集板桥合水地区以及其他具有相似地质条件区域内长8储层已有的开发实例,对比不同开发方案下的增产效果、存在的问题等情况。对比采用不同压裂技术、注水方式等措施后的油气产量变化、开采周期以及经济效益等方面的差异,从中总结出成功经验和失败教训,为探索适合本地区的高效增产模式提供参考和思路。

2、板桥合水地区长8储层地质特征剖析

2.1 岩石学特征分析

板桥合水地区长8储层的岩性组成主要为细粒岩屑长石砂岩,同时包含少量的长石砂岩和长石岩屑砂岩,其矿物成分多样,主要由长石、石英以及岩屑等构成。

长石在该储层中的含量相对较高,平均可达31%左右。长石的存在对于储层性能有着多方面的影响,一方面,长石颗粒自身具有一定的孔隙度,能够为油气提供一定的储存空

间;另一方面,长石在成岩过程中较容易发生溶蚀作用,从而形成次生孔隙,进一步增加储层的孔隙度,改善储层的储集性能。

石英含量相较于长石略低,平均约为28.7%。石英具有硬度高、化学稳定性强的特点,在储层压实等成岩过程中,能够较好地保持颗粒形态,对支撑岩石骨架、维持储层孔隙结构的稳定性起着积极作用,有助于防止孔隙过度压实而减小,保障了储层具备一定的渗透性。

岩屑含量相对最低,平均约为21.2%,不过在其他矿物中,云母含量最高。岩屑成分较为复杂多样,由于其来源广泛,其本身的物理化学性质差异较大。部分岩屑可能由于抗压能力弱、易被溶蚀等特性,会影响储层孔隙的发育以及连通性,例如一些软质岩屑在压实过程中更容易变形,从而堵塞孔隙,降低储层的渗透性;但某些特殊岩屑发生溶蚀等作用时,也有可能产生新的孔隙空间,对储层性能产生积极影响。

2.2 孔隙结构特征研究

板桥合水地区长8储层的孔隙类型多样,其中残余粒间孔、长石溶孔较为发育。残余粒间孔是在成岩过程中,原始粒间孔隙经过一定程度的压实、胶结等作用后残留下来的孔隙空间,它对于油气的储存和渗流有着重要意义,能够提供相对较大且连通性较好的通道。长石溶孔则是长石颗粒在成岩过程中,受到地层流体等因素影响发生溶蚀作用而形成的次生孔隙,这不仅增加了储层的孔隙度,还改善了孔隙间的连通性,为油气的运移创造了有利条件。

储层中还存在着岩屑溶孔、晶间孔以及微裂隙等孔隙类型,但相对而言发育程度不如残余粒间孔和长石溶孔。岩屑溶孔的形成与岩屑自身的成分和性质有关,部分易溶蚀的岩屑在特定条件下会产生溶孔;晶间孔多存在于矿物晶体之间,其尺寸一般较小;微裂隙则往往能够起到沟通不同孔隙的作用,增强整个储层孔隙系统的连通性,但由于其本身较为细小且分布具有一定随机性,对渗流的影响较为复杂。

长8储层的孔隙结构整体较为复杂,微观非均质性较强。从微观层面来看,不同位置的孔隙大小、形态以及连通性等方面存在显著差异。这一方面是由于沉积环境的不同造成的,在沉积过程中,水流速度、物源供给等因素的变化会导致沉积物颗粒的分选性、排列方式等各不相同,进而影响孔隙结构的初始形态。例如,在水流能量较强的区域,颗粒的分选相对较差,孔隙大小不均匀且连通性可能较差;而在水流相对平缓、物源稳定的区域,颗粒分选较好,孔隙结构相对规则一些。

2.3 沉积相特征阐述

板桥合水地区长8储层主要发育三角洲前缘亚相。在这一亚相环境下,水下分利河道砂体是最为有利的储集相带。

其依据主要体现在以下几个方面:首先,水下分流河道砂体的岩石颗粒分选相对较好,粒度适中,这使得其孔隙结构相较于其他相带更为发育,孔隙度和渗透率等物性条件也更为理想,能够为油气提供良好的储存空间以及运移通道。例如,通过对多个取自水下分流河道砂体的岩心样本进行分析,其平均孔隙度能达到10%左右,渗透率可达 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 以上,远高于周边其他相带的岩心样本数据。

其次,在沉积过程中,水下分流河道携带了大量的碎屑物质,这些物质不断堆积形成了较为厚层且连续的砂体,保证了储集层在平面上具有一定的规模和稳定性,有利于大规模油气的聚集。而且,从成分上来看,其矿物组成也更有利于后期成岩作用朝着增加孔隙度等有利方向发展,比如长石等易溶蚀矿物含量适中,在后期流体作用下可形成次生孔隙,进一步优化储集性能。

3、板桥合水地区长8储层高效增产模式探讨

3.1 储层改造技术应用

1) 压裂技术的优化与实践

在板桥合水地区长8储层的开发过程中,压裂技术起着至关重要的作用。针对长8储层物性差、孔隙结构复杂以及微观非均质性强等特点,水平井分段压裂技术被广泛应用。

水平井分段压裂技术能够在水平井筒的不同位置制造多个裂缝,有效增加油气渗流通道,提高油气与井筒的接触面积,进而提升产量。例如,在优化压裂参数方面,需要综合考虑储层的岩石力学性质、地应力分布以及孔隙压力等因素。通过详细的地质力学分析,确定合理的裂缝间距、裂缝长度以及导流能力等参数。

2) 酸化技术的适配性研究

酸化技术在改善板桥合水地区长8储层孔隙结构、提高渗透率方面有着重要的作用原理。酸化主要是通过酸液溶蚀岩石孔隙中的堵塞物或者基岩本身的某些矿物成分,解除地层污染,恢复和提高地层的渗透率,从而达到增产增注的目的。

长8储层的矿物成分较为复杂,其黏土矿物含量较高,且包含大量如绿泥石、蒙脱石等敏感性矿物,化学性质活泼,在酸化过程中容易产生沉淀等二次伤害。所以,必须根据储层矿物成分等因素选择合适的酸化配方。经过对该油井所在区域储层岩心样本的分析,调配了合适的酸化配方,注入酸化液后,岩心渗透率大幅度提高,该油井在酸化作业后日产量逐步上升至8立方米左右,油压也恢复到正常水平,展现出酸化技术良好的增产效果,有力证明了酸化技术适配性研究及应用对于板桥合水地区长8储层高效增产的积极意义。

3.2 井网优化策略

1) 合理井距与井网密度确定

在板桥合水地区长8储层的开发中,井网优化起着基础性且至关重要的作用,而合理确定井距与井网密度则是井网优化的关键环节。

首先,需要依据长8储层的地质特征及渗流规律来开展相关工作。长8储层属于典型的低渗储层,其孔隙结构复杂,微观非均质性较强,这些特点决定了油气在储层中的渗流较为困难,需要更加科学合理地布置井网,以增加油气与井筒的接触机会,提高采收率。

数值模拟方法是确定最优井距和井网密度的常用且有效的手段之一。通过建立符合板桥合水地区长8储层实际地质情况的数值模型,输入岩石力学参数、孔隙度、渗透率等关键地质数据,以及流体性质、地层压力等参数,模拟不同井距和井网密度下油气的渗流过程以及油井的生产动态。在模拟过程中,会综合考虑各种因素对产量和采收率的影响,像储层的各向异性,不同方向上渗透率的差异会导致油气在不同方向上的渗流能力不同,进而影响井网的布局。

2) 井网动态调整思路

随着板桥合水地区长8储层开采过程的不断推进,储层内部的油气分布情况会发生变化,剩余油分布也不再均匀,因此,根据实际情况对井网进行动态调整显得尤为重要。

在开采初期,依据地质认识和前期的数值模拟等结果布

置的井网,可能在一段时间后无法满足高效开采的需求。随着部分区域的油井持续开采,地层压力下降,导致油气渗流能力变弱,此时就需要通过动态监测数据来分析剩余油的分布状况,进而对井网做出相应调整。动态监测手段包括生产测井、压力监测、示踪剂监测等,通过这些方法能够获取不同位置油井的生产动态变化、地层压力变化以及流体流动情况等关键信息。

3.3 提高采收率方法探索

1) 注气驱油技术应用

注气驱油技术在板桥合水地区长8储层的高效开发中展现出了良好的应用前景。该技术的适用性主要源于长8储层的特殊地质特征,其低渗、微观非均质性强等特点使得常规驱油方式面临诸多限制,而注气驱油能够通过改变流体性质和驱替相态,有效改善驱油效果。

在注入气体类型的选择方面,需综合考虑储层的温度、压力、岩石矿物成分以及原油性质等因素。例如,对于该地区部分轻质油藏且储层温度适中的区域,二氧化碳(CO_2)驱油是一种较为合适的选择。 CO_2 能够与原油发生混相或近混相作用,显著降低原油黏度,提高原油的流动性;同时, CO_2 还具有膨胀原油体积、改善孔隙结构等优点,有助于增加驱油效率。另外,对于一些重质油藏区域,考虑采用氮气(N_2)驱油, N_2 能够补充地层能量,维持地层压力,并且在一定程度上可以通过气驱形成的压力梯度推动原油向井筒流动。

2) 微生物采油技术尝试

微生物采油技术作为一种环境友好且具有潜力的提高采收率方法,在板桥合水地区长8储层的开发中值得深入探索。长8储层微观孔隙结构复杂、油水关系不均等问题,使得传统驱油方式面临诸多挑战,而微生物采油技术能够通过微生物在地下的生命活动,从微观层面改善储层环境,提高驱油效率。

微生物采油技术的核心在于筛选合适的微生物菌种,这些菌种需要具备适应长8储层特殊环境的能力,例如能够在储层的温度、压力、酸碱度以及高矿化度等条件下存活并生长繁殖。同时,菌种的代谢产物要能够对原油起到积极的作用,如产生生物表面活性剂降低油水界面张力,使原油更容易从岩石孔隙表面剥离;或者生成生物气(如甲烷等),增加地层能量,推动原油流动;还可以通过微生物对岩石矿物的作用,改善孔隙结构,提高渗透率。

4、结束语

板桥合水地区长8储层高效增产模式的核心在于综合运用多种技术与策略,以应对该储层复杂的地质特征及开采难题。通过不同研究策略和增产技术的协同配合,形成了一套针对板桥合水地区长8储层的高效增产模式,显著提升了该地区的油气产量,对后续的油气开发具有重要的指导意义。它为类似地质条件的储层开发提供了可借鉴的范例,有助于进一步挖掘我国油气资源潜力,保障能源供应安全,推动油气勘探开发技术不断进步与发展。在未来发展方面持续的技术创新与地质认识深化相结合,必将推动该地区油气开发迈向新的台阶,为保障我国能源供应安全贡献更大的力量,同时也能为全球类似储层的开发提供宝贵的借鉴经验。

【参考文献】

- [1]南珏祥,王素荣,姚卫华, & 卢燕. (2007). 鄂尔多斯盆地东地区延长组长6-8特低渗透储层微裂缝研究. 岩性油气藏, 19 (004), 40-44.
- [2]高辉,孙卫,宋广寿,等. 鄂尔多斯盆地合水地区长8储层特低渗透成因分析与评价[J]. 地质科技情报, 2008. 05. 012.
- [3]曹雷,孙卫,明红霞,等. 鄂尔多斯盆地板桥-合水地区长6储层特征及影响因素分析[J]. 延安大学学报: 自然科学版, 2014, 33 (3): 7. 068.
- [4]陈杰,周鼎武. 鄂尔多斯盆地合水地区长8油层组非均质性研究[J]. 科技导报, 2010 (17): 5. 031.