

油田开发过程中提高原油采收率的技术路径分析

王城塬

长庆油田分公司第五采油厂 陕西 西安 710018

【摘要】：油田开发过程中，原油采收率是影响油田经济效益的关键因素。随着开采过程的推进，原油采收率逐渐降低，如何有效提高采收率成为了油田开发中的重要问题。通过分析现有技术路径，结合不同油田的实际情况，探索了多种提高采收率的方法，包括注水技术、化学驱油技术以及天然气注入技术等。这些技术通过增强地层压力、改善流体流动性等手段，能够有效提升原油采收率。技术路径的选择需要根据油田的地质条件和开发阶段进行优化，保证采收率的最大化。综合技术的应用有助于延长油田的生产周期，提升油田的开发效益。

【关键词】：油田开发；采收率；技术路径；增产技术；地质条件

DOI:10.12417/2705-0998.26.06.070

引言

油田开发过程中，采收率直接影响着油田的生产效益和经济回报。由于原油资源的有限性，开发过程中采收率的提升显得尤为重要。随着传统开采方法的局限性逐渐暴露，如何通过技术手段突破这一瓶颈成为研究的核心。在多种可行的技术路径中，结合油田的地质条件和开发阶段，选择适当的增产技术显得至关重要。为了提高油田的采收率，许多先进的技术被提出并应用于油田开发，旨在通过优化开采方式、注入方式以及技术手段来提升资源的利用效率。因此，深入研究油田开发过程中的采收率提高技术，对推动油气行业的持续发展具有重要意义。

1 油田采收率面临的关键问题

1.1 原油采收率的下降趋势

在油田开发过程中，随着采油时间的延续，原油采收率往往会呈现逐渐下降的趋势。初期阶段，油田的自然产量较高，采收率较为理想。随着油田资源的开采，地层压力逐渐降低，油气的流动性变差，导致开采难度增加。与此同时，原油的粘度增大、油层的水侵渗透等问题使得后期的采收效率显著降低。油田开采过程中，采收率的持续下降对油田的经济效益构成了严峻的挑战，这要求通过科学的技术手段来提高采收率，确保油田开发效益最大化。

1.2 影响采收率的主要因素

影响油田采收率的因素复杂多样，既有天然因素，也有人操作的影响。油田的地质条件是关键因素之一。不同类型的岩层、孔隙度、渗透率等直接影响原油的可采性。油藏的流体性质，如原油的粘度、气含量以及水的分布，都会对采收率产生重要影响^[1]。油田开发过程中，注水、气驱等手段的应用不当，或者注采不平衡，都会导致采收率的下降。技术手段的选择和油田开发模式的设计，也会直接决定采收率的高低。因此，合理评估各种因素，并结合先进的技术手段，能够有效提升油田的采收率。

1.3 技术路径的必要性

面对油田采收率逐渐下降的局面，技术路径的选择显得尤为重要。油田开发中，传统的采油方法已无法满足长周期、高效益的要求，因此必须引入一系列新的技术手段来提高采收率。增产技术如水驱、气驱、化学驱等已经被广泛应用并取得了一定成效，但每种技术都有其适用条件和局限性。必须根据油田的实际情况，选择合适的技术路径，并在实施过程中持续进行优化和调整。针对油田的不同地质条件，灵活选择注水模式或采用先进的压裂技术。

2 提高采收率的主要技术手段

2.1 注水技术的优化应用

注水技术作为提高原油采收率的常见方法，广泛应用于大多数油田的开发过程中。其基本原理是通过向油藏中注入水，以维持地层压力，促进原油的流动，从而提高采收率。在实践中，注水技术的优化应用主要体现在注水方式和水质的选择上。针对不同油田的地质条件和开发阶段，注水的设计应考虑到注水量、注水速度以及注水井的合理布置。注水过程中，水源的水质、温度以及水的化学成分都会影响采收效果，低质量的注水水源可能会导致油层堵塞，从而降低采收率。为了克服这些问题，采用智能化注水控制系统和自动化监测设备，使得注水过程更加精确、稳定，提高了采收率并减少了水资源的浪费。同时，结合适应性强的注水模式，可以在不同的地质背景下，优化注水方案，达到提高采收率的目的。

2.2 化学驱油技术的创新

化学驱油技术作为一种高效的增产手段，近年来得到了显著的创新和发展。其核心原理是通过向油层注入化学药剂，改变油水界面张力、改善原油流动性，从而有效地提高油气采收率。在化学驱油技术中，常用的化学药剂包括聚合物、表面活性剂、碱液等。这些药剂通过降低原油的粘度，改变油层中的毛细管力和流动特性，使得原油更加容易流动至生产井。在创新方面，近年来对聚合物驱油、微乳液驱油、低浓度表面活性

剂的研究取得了突破,能够在较低的投入下,提升驱油效率^[2]。化学驱油技术还逐渐实现了与其他增产技术的联合应用,例如与注水、气驱相结合,进一步提高了综合采收率。尽管化学驱油技术在提升采收率上取得了显著成绩,但其应用过程中的成本控制、药剂的选择、反应机制的优化仍然是未来研究的重点。

2.3 天然气注入技术的应用

天然气注入技术是一种以气体作为驱动流体的采油增产方法,通常用于改善原油的流动性并提升油田采收率。天然气注入不仅能够有效维持地层压力,防止油藏压力的过度下降,还能够通过气体的物理性质改善原油流动性。天然气的低粘度特性使其能够在油藏中广泛分布,减少原油与岩石之间的附着力,从而提高采油效率。天然气注入技术在低渗透油田、复杂地质条件下表现出良好的应用效果,尤其是在开发老油田时,天然气注入能够延长油田的生产周期,进一步提高剩余原油的采收率。不同于传统的水驱技术,天然气注入还能通过压缩气体形成驱动力,达到提高流体渗透性的效果。近年来,天然气注入的技术也在不断发展,尤其是与二氧化碳注入技术的结合,开辟了更多的技术应用空间。通过优化注气模式、提高气体注入的经济性,天然气注入技术在油田开发中的应用前景十分广阔。

3 油田地质条件与采收率的关系

3.1 地质条件对采收率的影响

油田的地质条件对原油采收率起着决定性作用。油藏的岩性、孔隙度、渗透率以及油层的均质性,都是影响采收率的关键因素。在渗透性较低的油田,原油流动性差,造成采收率低下。油藏的孔隙度高,意味着油气在油层中存在较多的储存空间,有利于提高采收率。相反,若油层中存在大量的粘土矿物或者孔隙结构复杂,可能会对采收率造成负面影响。油田中油气的分布不均匀也会导致开采不平衡,从而影响整体的采收率。在开发过程中,若油藏存在较大的层间压力差,可能导致部分区域的采油难度加大。油田地质条件的差异性直接决定了采收率的高低,需要通过选择合适的开发手段来应对不同的地质挑战。

3.2 不同地质类型的技术选择

油田的地质类型决定了合适的技术手段和开发模式。在不同的地质条件下,选择的增产技术和开发策略也存在较大差异^[3]。在砂岩油藏中,通常具有较好的渗透性,因此采用注水或气驱等传统方法即可有效提升采收率。而在致密油藏或页岩油藏中,由于油气的渗透性较差,通常需要采用水平钻井、压裂技术以及化学驱油等更为复杂的手段。在碳酸盐岩油藏中,由于其岩性较为坚硬,往往需要结合酸化、压裂等技术进行刺激。不同类型的油田需要根据其特定的地质特征来选择合适的开发技术,以最大程度地提高采收率,减少技术和资源的浪费。

3.3 优化开发策略的地质依据

油田的开发策略需要根据其地质条件进行动态调整。对油藏进行全面的地质勘察和物性测试后,能够更加精确地评估油田的可采性,并为开发策略的制定提供依据。在地质条件较为复杂的油田,可能需要采用分区开发策略,将不同地质区域根据其地质特性划分为若干部分,针对每个区域采用不同的开发技术。渗透性较好的油层可优先进行注水驱油,而渗透性差的部分则可能需要采用压裂或化学驱油等增强流动性的技术。油田的开发过程中,随时根据油田的生产情况、压力变化以及水泥封闭效果等数据调整开发策略,是确保采收率持续提升的有效手段。地质依据为开发提供了科学支持,帮助确定最优化的技术路径,确保开发效果最大化。

4 技术路径的选择与油田开发阶段的关系

4.1 油田开发初期的采收率提高策略

在油田开发的初期阶段,采收率通常较高,但为了确保产量的稳定性和延续性,必须采取有效的技术手段。在这一阶段,注水驱油、天然气注入等传统的采油方法通常能够有效提升采收率,并维持地层的压力,防止油藏压力过快下降。采用水力压裂技术可以增加油层的裂缝,改善油气的流动性,进一步提高采收效率。在初期开发阶段,地质条件的评估和技术选择尤为关键,因为这决定了后期开发的可持续性。此时,采收率的提升策略应侧重于通过合理的注采比、优化井位布置及精确的生产管理,确保油田在长期开发中能够持续高效地生产,避免出现过早的资源枯竭。

4.2 油田成熟期的采收率维持方法

油田开发的深入,进入成熟期后,原油的采收率逐渐下降,此时的开发策略主要转向维持采收率和延长油田的生产周期。在这个阶段,单一的注水技术往往难以满足采收率提升的需求,需要采用更为复杂的增产技术,如化学驱油、聚合物驱油等。这些技术通过改变油层中的流体性质,降低油水界面张力,使原油更易流动,达到提升采收率的目的^[4]。与此同时,采用注气、热驱等手段,可以维持油田的地层压力,减缓采收率的下降速度。此时,开发策略应注重资源的均衡利用,避免因过度开发导致油田提前进入衰退期。综合技术路径的应用,配合精准的监测系统,能够有效延长油田的成熟期,提高综合采收率。

4.3 技术路径的调整与油田经济效益

油田开发过程中,随着油田地质条件、采收率变化和技术手段的演变,开发策略的调整是确保经济效益最大化的关键。随着油田进入不同开发阶段,技术路径需要灵活调整。初期阶段,主要依赖于高效的传统采油技术,而在油田进入成熟期或老油田阶段时,通常需要引入更高效的增产技术来提高采收率。技术路径的调整应根据油田的生产动态、经济效益和技术

成本综合评估,选取最合适的开发策略。合理的技术路径能够降低开发成本,提高油田的净现值和投资回报率。在实施过程中,油田经济效益的提升不仅依赖于技术手段的有效性,还需要精准的管理策略和成本控制。技术路径的科学选择和动态调整,是确保油田经济效益持续增长的核心要素。

5 技术路径的综合应用与未来展望

5.1 技术路径的集成与优化

油田采收率的提高不仅依赖单一的技术手段,更需要通过多种技术路径的集成与优化来实现效果的最大化。不同的增产技术,如注水、气驱、化学驱油及热驱等,具有各自的优势和适用条件。通过对油田的详细勘探和监测数据分析,可以将这些技术进行合理搭配,实施最合适的开发策略。在实际应用中,技术集成的关键在于根据油田的具体地质特征和开发阶段,选择不同的组合方式。在某些油田,注水和化学驱油的结合能够在保持较高采收率的同时,降低开发成本。技术路径的优化需要不断进行现场试验和数据分析,调整注采比、注水方式和驱油剂的种类,从而实现采收率的持续提升。

5.2 技术创新的推动作用

技术创新在提高油田采收率方面发挥着重要作用。随着油气勘探技术、采油技术及监测技术的不断发展,新型技术手段逐步被应用到油田开发中,显著提高了采收率。水平井技术和多级压裂技术为低渗透油藏的开发带来了新的突破。智能化油田管理系统的引入,能够实时监控油田的生产情况,对开发过程中的各类参数进行动态调整,提高了资源的利用效率^[5]。随

着对油田地质的了解不断深入,新的化学驱油剂、微生物驱油技术以及先进的二氧化碳注入技术也逐渐获得应用,推动了油田开发技术的全面创新。技术创新不仅提高了单一技术的效率,也推动了技术组合的优化,从而提升了整个油田的生产能力和经济效益。

5.3 油田采收率的长期提升路径

油田采收率的长期提升路径不仅依赖现有技术的应用,还需结合持续的技术进步和优化的管理策略。随着传统开采方法的逐渐饱和,未来采收率的提升将更多依赖于前沿技术的应用与创新。随着人工智能、大数据和物联网技术的快速发展,油田的数字化管理和智能化操作将成为未来发展的重要方向。通过大数据分析,能够对油田的实时生产数据进行深度挖掘,优化开发策略,从而提高采收率。新的增强型油气采收技术,如二氧化碳驱油和低成本化学驱油技术的应用,将进一步提升采收率,特别是在成熟油田和难采油田中。长期来看,油田开发的成功将依赖于科学合理的技术组合、精确的油田管理以及持续创新的推动,从而确保采收率的稳定提升。

6 结语

油田采收率的提升是油田开发过程中的核心目标。随着技术路径的不断优化与创新,油田采收率有望在不同开发阶段得到显著提升。未来,依托于新技术的应用、智能化管理及精准的开发策略,油田的开发效益将得到更加有效的保障。采收率的持续提高不仅有助于延长油田的生产生命周期,还能有效提高资源的利用效率,为油气行业的可持续发展提供有力支持。

参考文献:

- [1] 田海东, 高峰, 周彪. 油田开发后期稳产增产工程技术探讨[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2025, 45(23): 169-171.
- [2] 程显达. 油田开发中后期提高采收率技术研究与应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2025, 45(19): 169-171.
- [3] 孙同双. 油田开发中后期高效采油工程技术研究[J]. 当代化工研究, 2025, (19): 130-132.
- [4] 侯吉瑞, 袁伟峰, 程婷婷, 等. 低渗透油田提高采收率技术的挑战与思考[J]. 钻采工艺, 2025, 48(05): 158-168.
- [5] 刘珊珊. 大数据和人工智能技术在油田开发地质研究中的应用[J]. 北京石油化学工业学院学报, 2025, 33(03): 46-53.