

浅谈低渗透油田的石油开采技术

徐 艳

新疆油田公司采油一厂，新疆 克拉玛依 834000

[摘要]低渗透油田的开发面临显著挑战，主要由于其渗透性差，油气流动性不足，常规开采方法往往难以取得理想的采收效果。在全球能源需求不断增长的背景下，低渗透油田的开发逐渐成为石油行业的重要课题。随着科学技术的进步，各种创新技术，如物理化学改性技术、提高采收率技术、智能化开采技术等，已逐步应用于低渗透油田的开发，助力其高效开采。文章探讨低渗透油田开采技术，分析当前技术的应用成效，旨在为油田高效开发提供理论指导和实践支持。

[关键词]低渗透油田；开采技术；提高采收率；物理化学改性；智能化技术；水力压裂

DOI: 10.33142/aem.v6i11.14590 中图分类号: TE348 文献标识码: A

Brief Discussion on Petroleum Extraction Technology in Low Permeability Oil fields

XU Yan

No. 1 Oil Production Plant of Xinjiang Oilfield Company, Karamay, Xinjiang, 834000, China

Abstract: The development of low permeability oil fields faces significant challenges, mainly due to their poor permeability and insufficient oil and gas mobility. Conventional extraction methods often fail to achieve ideal recovery results. Against the backdrop of increasing global energy demand, the development of low permeability oil fields has gradually become an important issue in the petroleum industry. With the advancement of science and technology, various innovative technologies, such as physical and chemical modification technology, enhanced oil recovery technology, intelligent extraction technology, etc., have gradually been applied to the development of low permeability oil fields, helping them to achieve efficient extraction. The article explores the development technology of low permeability oil fields, analyzes the application effectiveness of current technologies, and aims to provide theoretical guidance and practical support for efficient oil field development.

Keywords: low permeability oil field; mining technology; improve the recovery rate; physical and chemical modification; intelligent technology; hydraulic fracturing

引言

低渗透油田是指渗透性较低、开发难度较大的油田类型。随着常规油田的开采逐渐面临枯竭，低渗透油田作为一个重要的石油资源来源，吸引了越来越多的关注。由于低渗透油田地质条件复杂、油藏压力低、油水比高等特点，传统的石油开采技术面临着诸多挑战。因此，探索高效的开采技术和方法，提升低渗透油田的开采效益，成为当前油气勘探开发领域的重点课题。

1 低渗透油田的特点与开采难题

1.1 低渗透油田的地质特点

低渗透油田通常具有较低的渗透性与孔隙度，油气存储密度较低，同时油藏的厚度通常较薄，这些因素使得油田初期的产量较为有限，且随开采时间的推移，产量下降较为迅速。油藏空间的有限性要求在开采过程中采取更加高效的资源利用方式。此类油田多分布于深层或深海区域，地质条件复杂，加剧了开采的难度。在深层油田，油气由于承受较高压力，流动性受限，深海油田则面临技术设备成本高、运输难度大以及环境保护等多方面的挑战。要想突破这些地质障碍，必须采用比传统方法更为先进的技术，才能提高油田的开发潜力。

1.2 低渗透油田的物理化学特性

低渗透油田的油气黏度普遍较高，流动性差，这使得常规的开采方法往往无法满足需求。尤其对于高黏度原油，开采过程中存在更为显著的困难。为了提高流动性，通常采取加热或注气等方法来降低油气的黏度，从而改善流动性并提升采收率。油藏压力较低是低渗透油田的另一个关键特征，这直接影响了油气的自然流动性。由于油藏内压力不足，油气无法自流，开采过程中通常需要依赖注水或注气等外部驱动方式，来维持产量。随着开采的推进，水的比例逐步升高，油水分离变得更加困难，这影响了油气的流动性，也进一步降低了采收率。因此，必须采取适应油水界面特性的综合性技术措施，确保采收率的提高并延长油田的有效生产期。

1.3 低渗透油田的开采难题

1.3.1 渗透性低

低渗透油田的渗透性较差，油气流动受限，致使常规开采技术难以获得理想效果。油藏的孔隙结构通常较为紧密，油气的流动速度显著降低。在此类油田中，由于油气的流动性差，传统的开采方法（如自然生产与抽油）往往无法有效提高产量，进而使开采效率难以优化。油气流动无法通过自然压力有效驱动，油田产量因此受到严重制约。

即便使用更为复杂的技术手段,渗透性低的问题仍难以完全解决,采收率的提升也面临着较大的困难。

1.3.2 油藏压力低

低渗透油田的油藏压力普遍偏低,这一特点直接影响油气的流动性。油气流动缺乏足够的自然驱动力,必须依赖外部措施增加油藏压力。由于油藏压力较低,油气流动较为缓慢,开采效率也显著降低。油气不能依靠自然流动进行开采,必然增加了开采过程中的能耗与成本。油藏压力不足使得油田的开采变得更为复杂,且无法实现高效的资源开发,进一步影响了油田的长期可持续性与经济效益。

1.3.3 油藏含水量高

低渗透油田的高含水量对开采过程产生了不容忽视的影响。随着开采的深入,水的比例逐渐增加,油水分离变得更加困难。随着油水比的变化,设备的腐蚀与堵塞问题愈加严重,同时原油质量也随之下降,导致采收率降低。水的比例不断上升,使得油田的经济效益受到压制,开采过程变得更加复杂。在水分含量增加的同时,油气流动特性也发生了变化,进一步加剧了开采难度,对资源的高效利用造成了极大制约。

2 低渗透油田的主要开采技术

2.1 低渗透油田的物理化学改性技术

2.1.1 注水改性技术

注水改性技术通过向油田注入水,提升油藏内的压力,从而增强油气流动性并提高采收率。在低渗透油田的应用中,水注入起到了至关重要的作用。它能够有效减少油水界面张力,降低油气流动的阻力,促使油气更易流向生产井。低渗透油田普遍存在渗透性差的问题,天然驱动力无法满足油气的流动需求,注水技术成为促进油气流动的关键手段。注水量和注水方式的合理选择至关重要,有助于优化油藏内部压力分布,确保油气流动的稳定。若注水过程控制得当,能够避免局部产量下降,保障开采效率。尽管注水技术在改善油气流动性方面具有显著优势,实施时依然面临不少挑战,例如水质要求、流动均匀性问题以及水窜现象等。因此,在实际应用中,往往将注水技术与其他增强开采效果的手段(如压裂技术)相结合,进一步提升采收率。

2.1.2 注气改性技术

注气改性技术通过向油藏注入气体(如天然气或二氧化碳)来提高油藏压力,增强油气流动性,最终增加采收率。在低渗透油田,油气流动受限,而注气技术通过减少油的黏度,减少了油气流动中的阻力,使油气得以顺利流向生产井。二氧化碳因其较强的溶解性,广泛应用于此类技术中,能显著降低油的黏度,提高流动性。除了二氧化碳,天然气、氮气等气体也在实际应用中发挥作用,选择何种气体取决于油藏的具体情况。注气通过形成气体驱动前沿,推动油气向生产井集中,进而显著提高采收率。然而,注气技术在实施过程中需要精确调控气体注入量、注气方式及气体与油气的相容性,以确保最大限度地发挥技术效果。

2.1.3 微生物驱油技术

微生物驱油技术通过注入特定微生物或其代谢产物,利用微生物降解油藏中的重质油,降低油的黏度,进而促进油气流动,提高采收率。与传统的化学驱油方法相比,这种技术具有低成本和环保优势,已经在低渗透油田的开采中取得一定成效。该技术的优势在于其环保性和低成本,能够在不产生严重污染的情况下,显著提高采收率。通过调整油藏内的微生物群体,能够提高驱油效果。然而,微生物驱油技术也面临一些挑战^[1]。微生物活性受油藏温度、酸碱度等环境因素影响,可能导致活性下降,影响驱油效果。此外,由于微生物驱油过程通常需要较长时间才能显现效果,采收效率的提升较为缓慢。

2.2 低渗透油田的提高采收率技术

2.2.1 热力学方法

热力学方法通过向油藏中注入高温蒸汽或热气来提高油的温度,从而降低油的黏度,增加其流动性。该技术在低渗透油田,尤其是重油或黏度较高的油藏中,表现出显著效果。随着温度升高,油分子之间的摩擦力减少,渗透阻力也随之减小,促使油气流动性增强,采收率提高。对于黏度较高的油藏,油的流动性改善尤为重要,热力学方法通过温度调控实现了这一点。不过,在应用该方法时,温度的控制至关重要,过高或过低的温度可能对油藏造成负面影响。因此,温度调节需在精确控制下进行,以避免不必要的损失。此外,热力学方法常与其他开采技术结合使用,以进一步提高采收率并降低成本。

2.2.2 化学驱油技术

化学驱油技术通过注入特定的化学药剂,如聚合物或表面活性剂,改变油水界面特性,降低油的黏度,进而提升采收率。此技术在低渗透油田中的应用较为广泛,特别是对那些油水界面复杂的油藏。通过聚合物的注入,水驱流体的黏度得到增强,有助于提高驱油效果。同时,表面活性剂可有效降低油水界面张力,使油分子更易从岩石孔隙中释放。采用这种方法,能够在一定程度上提高油气的流动性,改善采收率。然而,化学驱油技术也面临着较高的成本及药剂选择问题,因此,在实际应用时,需要根据油田的具体特点选择合适的药剂和用量,确保技术的经济性。

2.2.3 水力压裂技术

水力压裂技术通过向油藏注入高压水流,裂解地下岩层,进而促进油气流动。该技术在低渗透油田中得到广泛应用,特别是在页岩油和致密油的开采中,效果尤为突出。通过创造更多的裂缝,水力压裂显著改善油气的流动性,提高采收率。高压水流的注入导致地下岩层产生裂缝,这些裂缝为油气提供了更多的流动路径。裂缝的稳定性对技术效果至关重要,常通过注入支撑剂(如沙子)来确保裂缝的开放性,避免其迅速闭合。在实施过程中,需要特别注意裂缝的分布和压力的控制,确保长期的油气流动性^[2]。尽管水力压裂能够有效提高采收率,但若操作不当,可能对油藏造成永久性损害。

2.2.4 复合驱油技术

复合驱油技术通过整合多种开采方法,结合热力学、化学驱油技术等多项措施,全面提高低渗透油田的采收率。复合驱油技术能够在不同条件下对油田进行全面优化,例如,通过结合化学驱油与热力学方法,不仅改善了油水界面特性,还降低了油的黏度,进而增强油气流动性。该方法的优势在于其针对性强、适应性广,能够在复杂油藏条件下实现最大化的采收率提升。

2.3 低渗透油田的智能化开采技术

2.3.1 智能油田技术

智能油田技术通过结合先进传感器、自动化设备与信息化系统,能够对油田实施远程监控、实时调度与开采过程的自动化管理。这一技术显著提升了开采效率,且大大减少了对人工操作的依赖,从而有效降低了成本。油田中重要参数,如油气流动、温度、压力等,均可通过精确的实时监测来保障,从而确保开采过程的稳定与连续性。智能油田技术还具有快速响应异常情况的能力,能够及时发出预警并采取适当措施。随着技术的不断发展,智能油田已从单纯的监控系统发展为集成了优化方案与预测性维护的多功能系统。这一转变促使低渗透油田的开发更加高效且智能化。尽管初期投入较高,但随着开采效率的提升与人工成本的降低,逐渐实现了投资回报的最大化,从而推动了经济效益的持续增长。

2.3.2 大数据与人工智能技术

在低渗透油田开采中,大数据与人工智能技术的应用发挥着重要作用。通过对大量生产数据的深入分析,能够准确预测油藏变化趋势,为开采方案的优化提供科学依据。人工智能借助模式识别与数据挖掘的能力,能有效发现潜在规律,并根据分析结果实时调整开采策略,从而提高了开采精度。基于大数据的分析,油田的生产情况得以实时监控,同时潜在风险也能被及时识别并作出响应。开采过程中,诸如注水量与注气量等参数可以被动态调整,从而提高采收率与开采效率^[3]。人工智能的灵活调控,使得低渗透油田的开发更加精确与智能化,进一步推动了采收率的提升及开采效率的最大化。

3 使用低渗透油田开采技术时的注意事项

3.1 制定科学合理的开采计划

低渗透油田开采必须结合油藏的地质特征、生产条件与技术要求,制定科学的开采计划。在开采过程中,应依据油田储量、产能等多方面因素,结合实时数据反馈进行调整,确保每一阶段的开发都能适应油田的变化。计划的灵活性至关重要,需要根据油田的动态表现不断优化,以最大限度地提高采收率。开采计划的制定还应考虑油田在不同开发阶段的表现,及时调整方案,确保与实际需求一致。通过精确的监测与数据分析,能够动态优化开采方案,避免资源浪费。持续的评估与调整保证了油田的高效开发

与长期稳定生产,充分利用油田的潜力。

3.2 精细化操作水力压裂技术

水力压裂技术在低渗透油田的开发中发挥着关键作用,然而,该技术的实施需要精确控制。过度扩展或不均匀的裂缝可能影响油气流动,甚至导致生产效率下降。在压裂过程中,了解岩层的物理性质对选择适当的压裂液至关重要。这可以通过精确控制裂缝扩展方向与规模,确保油气能顺畅流动。同时,持续监测压裂过程,有助于发现问题并及时调整策略。裂缝稳定性在作业完成后需进行后续评估,以确保长期开采过程中油气流动的持续性和稳定性。

3.3 严格控制注水水质

注水改性技术及水力压裂技术的有效性在很大程度上取决于水质的控制。若注入水源水质不合格,可能对油田造成污染或引起设备腐蚀,影响生产的长期稳定。因此,注水水质的严格控制对于保障油田开采至关重要。水质标准应根据油田的具体需求进行设定,包括水中的盐分、矿物质含量及微生物等成分。任何不符合标准的成分都可能对采收率产生负面影响。因此,需通过水处理设施确保水质符合要求,以避免水源污染及设备损害。定期水质监测与实时数据分析是保障水质标准的重要手段^[4]。若发现水质不符合要求,应及时采取反渗透或其他水处理技术进行净化。只有保证水质达到标准,才能有效促进低渗透油田的稳定生产,延长油田的使用寿命。

4 结论

低渗透油田开发是全球能源供应的重要组成部分,尽管面临诸多困难,但其潜力不容忽视。随着常规油田资源的日益枯竭,低渗透油田逐渐成为能源补充的重要来源。物理化学改性技术与智能化开采技术的广泛应用有效提升了油田的流动性和采收率。智能化开采技术为低渗透油田开发带来了新的突破,利用大数据与人工智能技术,油田的实时管理与优化得到了实现。未来研究应聚焦技术优化与应用效果提升,推动低渗透油田的高效开发,从而为全球能源供应提供更加可持续的保障。

[参考文献]

- [1]丁锐鹏,武博,张鹏飞.低渗透油田地质特征分析及改善开发效果方法研究——评《低渗透油田开发》[J].新疆地质,2019,37(2):287.
 - [2]杨振策.低渗透油田注水采油开发技术研究[J].天津化工,2021,35(6):72-75.
 - [3]穆永瑞.低渗透油田压裂技术及发展趋势探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(4):173-175.
 - [4]钟胜男.低渗透油田压裂技术及发展趋势[J].化学工程与装备,2023(5):207-208.
- 作者简介:徐艳(1982.2—),毕业院校:新疆大学,所学专业:新闻,当前就职单位名称:新疆油田公司采油一厂,职务:地质员,职称级别:采油技师。