

抗盐聚合物驱油技术的成本效益分析与应用前景

王瑞行 (大庆油田有限责任公司第一采油厂第十作业区, 黑龙江 大庆 163311)

摘要: 全球能源需求攀升, 易开采油藏渐少, 提升油田采收率至关重要。抗盐聚合物驱油技术对高盐油藏开采意义重大, 其研究意义随之凸显。研究抗盐聚合物驱油技术从优化配方、改进注入设备、探寻与其他技术协同入手, 关注成本效益、应用挑战与应对办法。这项技术能提高采收率, 带来长期效益与环境效益, 不过面临技术适应性、成本控制、市场竞争等难题。这能为合理运用抗盐聚合物驱油技术、推动石油行业发展给出重要参考。

关键词: 抗盐聚合物驱油技术; 采收率; 成本效益; 应用挑战; 协同应用

中图分类号: TE357.46 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 021-0007-03

Cost-Benefit Analysis and Application Prospects of Salt-Resistant Polymer Flooding Technology

Wang Ruixing (No.10 Operation Area, First Oil Production Plant, Daqing Oilfield Co., Ltd., Heilongjiang Province Daqing 163311, China)

Abstract: With rising global energy demand and diminishing easily accessible oil reserves, enhancing oil recovery has become critical. Salt-resistant polymer flooding technology holds significant potential for high-salinity reservoirs, driving its growing research importance. This study investigates the technology through formula optimization, injection equipment upgrades, and synergistic application with other enhanced oil recovery (EOR) methods. It evaluates cost-benefit ratios, application challenges (e.g., technical adaptability, cost control, and market competition), and mitigation strategies. Results indicate that salt-resistant polymer flooding not only improves recovery rates but also delivers long-term economic returns and environmental benefits. The findings offer critical references for rational deployment of this technology and sustainable advancement of the petroleum industry.

Keywords: Salt-Resistant Polymer Flooding Technology; Oil Recovery Rate; Cost-Benefit Analysis; Application Challenges; Synergistic Application

全球经济快速发展, 能源需求不断上涨, 石油作为重要能源, 供应稳定极为关键。易开采油藏资源变少, 高盐油藏开采成石油行业重点关注对象。抗盐聚合物驱油技术是高盐油藏开采关键, 迎来新发展机遇。基于新发展理念研究这项技术, 能提升石油开采效率, 助力能源领域绿色、可持续发展。剖析其成本构成、效益评估、应用难题及应对方法, 探索多样应用场景与创新方向, 对推动石油行业技术进步、保障能源安全意义重大。

1 抗盐聚合物驱油技术概述

抗盐聚合物驱油技术成为攻克高盐油藏开采难题的关键手段, 广受关注。有一种特殊聚合物, 因其具备独特分子结构, 在高盐环境下能有效抵御对溶液稳定性和增黏性能产生的不良影响^[1]。该聚合物在注入过程中发挥关键作用, 能够对水流量比进行优化。在油藏复杂的环境里, 它能让驱替液推进得更加均匀。以往驱替液推进时容易出现不均匀的情况, 部分区域驱替效果差, 原油难以被波及到。而有了这种聚合物, 驱替液的波及效率大幅提升, 原本那些隐藏在油藏深处、开采难度极大的原油, 如今也能被开采出来。这一技术优势, 直接促

使原油开采量显著增加。能源供应的稳定性一直是关乎国计民生的大事, 而抗盐聚合物驱油技术的应用, 在保障能源稳定供应方面, 正发挥着极为重要的作用, 为能源领域的持续发展注入强劲动力。

2 抗盐聚合物驱油技术成本构成分析

2.1 聚合物材料成本

抗盐聚合物驱油技术的合成工艺满是挑战, 涉及一连串复杂化学反应。反应时, 温度、压力、反应时间等条件至关重要。温度若把控不准, 过高易使反应失控, 聚合物分子结构被破坏; 过低则反应迟缓, 难以生成性能良好的聚合物。压力也影响着反应分子的活性, 合适压力能提升反应效率, 让聚合物性能达标。反应时间同样关键, 时长不足, 聚合度不够; 时间太长, 又会引发副反应, 损害聚合物结构。原材料方面, 对质量要求严苛。特殊单体的挑选是保障抗盐性能的关键, 其独特结构赋予聚合物高盐环境下的稳定性。但这些单体价格不菲, 且获取困难, 多需特定产地或复杂提纯工艺, 增加了获取成本。

2.2 注入设备及操作成本

聚合物配制装置肩负精准计量与混合的重任, 只

有这样,才能保证聚合物溶液浓度均匀一致,为后续驱油工作奠定基础。注入泵也不容小觑,它需稳定输出合适压力,助力聚合物溶液顺畅注入油藏。但购置这类设备成本高昂,安装过程更是繁杂,非得专业技术人员精心调试,设备才能正常运转。设备日常维护同样关键,定期检修、及时更换零部件等工作必不可少,而这每一项都意味着大量资金投入。在实际操作中,鉴于抗盐聚合物驱油技术复杂,必须由经过专业培训的人员时刻监控并适时调整,人力成本随之大幅增加。为保障注入管道始终畅通无阻,避免聚合物溶液残留造成堵塞,还得定期对注入管道进行全面清洗与维护,这无疑又增添了一笔可观的操作成本。诸多因素叠加,使得抗盐聚合物驱油技术在设备及操作方面的成本居高不下,给该技术的广泛应用带来了较大挑战。

2.3 油藏改造及后续处理成本

压裂作为常见的油藏改造方法,向油藏注入高压液体,促使岩石形成裂缝,以此提升油藏渗透率,让原油更易流出。酸化则是利用酸液溶解岩石中的矿物质,增大孔隙空间,达到改善油藏开采条件的目的。无论是压裂还是酸化,都需要投入大量人力去操作设备、调配材料,物力上要消耗众多高压设备、酸液等物资,财力方面更是负担沉重。驱油作业结束后,采出液成分复杂,包含聚合物、水和原油。为实现资源有效利用并保护环境,必须对采出液进行复杂处理^[2]。处理过程包含重力分离环节,利用重力使不同密度物质初步分层;接着化学破乳,借助化学药剂打破乳液稳定状态;最终进行过滤,去除微小杂质。这每一个环节都离不开相应工艺与设备的支持,且都需投入成本,从而产生了额外的处理成本,给油藏开采的经济效益带来一定影响。

3 抗盐聚合物驱油技术效益评估

3.1 提高采收率带来的经济效益

拿大庆油田部分区块来说,没用抗盐聚合物驱油技术前,因油藏高盐,常规驱油办法让大量原油留在地下,采收率难有大提升。采用抗盐聚合物驱油技术后,特殊聚合物分子在高盐环境中能维持稳定增黏性能,很好地改善注入水和原油流度比。驱替液得以更均匀地覆盖油藏各处,那些因地质条件复杂、油藏物性不好而难采的原油被成功驱出。这不但给油田带来巨额销售收入,还降低新油藏勘探开发成本,大幅提高油田整体经济效益,为石油企业可持续发展筑牢经济根基。

3.2 长期效益及环境效益

易开采油藏资源越来越少,怎样充分挖掘现有油藏潜力成关键。抗盐聚合物驱油技术提高采收率,让

油藏长时间保持稳定产量,有效延长油藏经济开采周期。这对保障国家能源供应稳定极为重要,降低能源短缺引发的经济风险。环境效益上,和热采等传统驱油技术比,抗盐聚合物驱油技术优势明显^[3]。它用的聚合物可生物降解,驱油结束后能在自然环境慢慢分解,减少对土壤和水体污染。采出液处理时,因聚合物特性,处理工艺简化,进一步降低对环境潜在影响,助力石油开采与环境保护协调发展。

3.3 社会效益

研发和应用抗盐聚合物驱油技术,需要化学、材料科学、石油工程等多学科领域融合。这让科研人员不断探索创新,开发出性能更好的聚合物材料与更高效驱油工艺。技术创新提升石油行业整体竞争力,带动相关产业协同发展。从上游原材料供应,到中游聚合物生产、设备制造,再到下游采油工程服务,形成完整产业链,创造大量就业机会,涉及科研、生产、操作、维护等众多岗位。原油产量提高,一定程度缓解能源紧张,降低对进口石油依赖,对维护国家能源安全、促进经济稳定增长有着重要战略意义。

4 抗盐聚合物驱油技术应用面临的挑战及应对策略

4.1 技术适应性挑战

油藏地质条件和盐度复杂多样,给抗盐聚合物驱油技术广泛应用带来阻碍。有些油藏非均质性强,内部高渗透带和低渗透带交错。在这样复杂地质环境下,聚合物溶液在油藏里流动路径和波及范围不好把控。像一些层状油藏,层间渗透率差别大,聚合物溶液易沿高渗透层突进,低渗透层原油难被有效驱替,整体驱油效率降低。要解决这个难题,得加强油藏地质精细化研究,综合用地质勘探、地球物理测井、油藏数值模拟等技术,全面深入分析油藏地质构造、渗透率分布、孔隙结构和流体性质等特点。依据这些详细油藏信息,对不同油藏条件,定制聚合物配方,调整聚合物分子结构、浓度等参数,优化注入速度、注入量、注入时机等注入参数,提升抗盐聚合物驱油技术在复杂油藏的适应性和驱油效果。

4.2 成本控制挑战

抗盐聚合物材料研发、生产过程繁杂,需要特殊原材料与精细合成工艺,材料成本一直降不下来。注入环节,专用设备采购、安装及后续维护费用高,操作还得专业技术人员监控管理,人工成本增加不少。要有效降低成本,得加大聚合物合成技术研发投入,探寻新合成方法、工艺路线。研发高效催化剂,加快聚合反应速度,缩短反应时间,提升生产效率;优化原材料选择、配比,减少对昂贵原材料依赖,降低原材料消耗^[4]。设备和操作方面,对注入设备优化升级,

提升自动化程度与可靠性,降低设备故障几率,减少维护成本;优化操作流程,制定标准操作规范,提高操作人员技能,提升设备利用率,减少不必要人工操作,降低人工成本,让抗盐聚合物驱油技术经济上更可行。

4.3 市场竞争挑战

石油开采技术不断进步,多种提高采收率的技术、产品纷纷出现,抗盐聚合物驱油技术面临激烈市场竞争。像微生物驱油技术、纳米驱油技术等新兴驱油技术,各有独特优势,在市场占得一定份额。想提升抗盐聚合物驱油技术市场竞争力,得持续推进技术创新,加大科研投入,深入探究聚合物分子结构和性能关联,开发出抗盐性能更强、增黏能力更好、注入性能更优的聚合物产品;研究抗盐聚合物和其他化学剂协同作用,优化驱油体系,进一步提升驱油效果。还要加强市场推广,举办技术研讨会、行业展会等活动,向石油企业及相关从业者全方位展示抗盐聚合物驱油技术优势与应用成果;积极开展现场试验、示范项目,以实际数据和成功案例为依据,提高技术知名度和认可度,让更多用户知晓并接受这项技术,从而在竞争激烈的市场站稳脚跟。

5 抗盐聚合物驱油技术应用场景及发展方向

5.1 海上高盐油藏应用

海上油藏开采难题不少,海洋环境复杂多变,盐度超高,开采成本也高。这种情况下,抗盐聚合物驱油技术在海上高盐油藏领域前景广阔。海水盐度高,普通驱油技术效果不佳,抗盐聚合物靠独特分子结构,能在高盐环境维持稳定性能。优化聚合物配方,改变聚合物分子链长度、添加特殊官能团,可增强抗盐、增黏效果,更适应海上油藏复杂环境。海上注入设备优化同样关键,研发适用于海上作业的高效、稳定注入设备,保证聚合物溶液能精准、均匀注入油藏。随着海上油田朝深海、远海开发,油藏开采难度增大,抗盐聚合物驱油技术在提高海上油藏采收率上作用会更大,应用范围也会持续扩展。这不但能提升海上油田原油产量,还能降低开采成本,提高海上石油开采经济效益。

5.2 深层高盐油藏应用

为使抗盐聚合物驱油技术在深层高盐油藏中得以有效应用,聚合物性能的改进势在必行。可借助化学改性等方法,提升聚合物的耐高温性能,使其于高温环境下不易降解,维持良好的增黏效果;增强其耐压性能,保证分子结构在高压下的稳定性,以免影响驱油成效。深入研究深层油藏地质条件至关重要。深层油藏在地质构造、岩石特性以及流体分布等方面与浅层油藏存在较大差异,唯有充分掌握这些特性,方可研发出适配深层油藏的聚合物注入工艺。依据深层

油藏渗透率的分布特点,对注入压力和速度加以优化,促使聚合物溶液在油藏中更高效地扩散并驱油。上述措施将为深层高盐油藏的高效开采提供坚实的技术支撑,有助于充分挖掘深层油藏的巨大潜力,提高原油产量,进而缓解能源供应压力^[5]。

5.3 与其他驱油技术的协同应用

表面活性剂驱油技术可降低油水界面张力,促使原油更易从岩石表面脱离;微生物驱油技术则借助微生物的代谢作用,改变油藏内的物理化学性质,提升原油的流动性。将抗盐聚合物驱油技术与这两种技术相结合,能够发挥不同技术的优势,达成优势互补。要实现良好的协同效果,需深入探究不同技术间的协同作用机制。具体而言,要研究表面活性剂与抗盐聚合物之间的相互作用,明确如何调配两者的比例,以在降低界面张力的增强聚合物溶液的驱油能力;还要探索微生物代谢产物与抗盐聚合物的兼容性,以及优化注入顺序和时间间隔,使微生物驱和聚合物驱相互促进。经过这些研究,优化协同驱油方案,依据不同油藏的特点,制定个性化的协同驱油策略,这将成为未来驱油技术发展的重要方向,为提高油田采收率开辟新的途径。

6 结语

抗盐聚合物驱油技术于石油开采领域极为关键。能切实提升高盐油藏采收率,收获可观经济效益,长期效益与环境效益也显著。它推动石油行业技术进步、创造就业机会,发挥积极作用。当下虽面临技术适应性、成本控制、市场竞争挑战,不过加强油藏地质研究,优化聚合物合成与注入技术,强化技术创新和市场推广,其应用前景依旧广阔。海上及深层高盐油藏开采中,还有与其他驱油技术协同应用时,此技术有望实现更多突破,有力支撑全球能源供应。

参考文献:

- [1] 魏秋月. 三次采油用抗温抗盐聚合物分析 [J]. 化学工程与装备, 2023, (10): 43-45+7.
- [2] 李宗阳. 功能单体类型及含量对耐温抗盐聚合物驱油效果的影响 [J]. 油田化学, 2023, 40(03): 453-459.
- [3] 苏禹. 抗盐聚合物粘弹特性及驱油效果评价 [D]. 东北石油大学, 2022.
- [4] 王立辉, 孙刚, 李丹, 等. 新型抗盐聚合物溶液的性能及驱油效果评价 [J]. 材料导报, 2021, 35(02): 2171-2177.
- [5] 王楠楠. 浅谈耐温抗盐交联聚合物驱油技术现状及发展趋势 [J]. 化学工程与装备, 2019, (08): 47-48.

作者简介:

王瑞行 (1981-), 男, 汉族, 黑龙江省大庆市人, 硕士研究生, 工程师, 研究方向为三次采油。