

油田注水开发后期采油率的提升技术方法探究

张鑫

中石油玉门油田分公司，甘肃酒泉，735200；

摘要：石油作为全球意义重大的能源资源，在经济发展起到了极其关键的作用，油田注水开发是当前国内外普遍采用的采油模式，经由向油藏注水补充地层的能量，维持油井产油量，伴随注水开发持续开展，油田逐步迈入后期阶段，此时油藏的地质情形变得更复杂，剩余油呈分散状分布，开采难度大，采油的难度大幅上扬，提升采油率碰到了严峻挑战。本文对油田注水开发后期的特征与现存问题展开了深度剖析，全面剖析了一系列提升采油率的技术举措，有注水技术的完善、化学驱油技术途径、微生物驱油技术途径、油藏数值模拟优化办法及井筒技术优化办法等，借助研究这些技术方法的原理、应用效果及发展大势，旨在给油田注水开发后期的采油率提升提供科学有效的策略及参考，实现油田资源的高效开采及运用。

关键词：油田注水开发后期；采油率；提升技术；注水技术；化学驱油

DOI：10.69979/3041-0673.25.09.024

石油作为全球关键能源资源，在经济发展里扮演着举足轻重的角色，国内外普遍把油田注水开发作为采油方式，采用向油藏注水的方式补充地层能量，维持油井产出水平，跟着注水开发的不断进行，油田逐步迈入后期阶段，当下油藏的地质状态变得更为繁复，剩余油分布零散，开采难度大，采油难度大幅上扬，采油率提升面临重大挑战。处于油田注水开发的后期阶段，提升采油率能达成增加原油产量，延续油田的开采时长，还可提高油田经济效益，提升资源利用水平，开展深入的研究和探索以找到提升采油率的有效技术，国内外针对油田注水开发后期采油率提高开展了大量研究，且获得了部分成效，但依旧需持续创新并完善技术手段，以匹配日趋复杂的油藏环境，本文将对油田注水开发后期的特点、问题进行剖析，全面阐述提高采油率的各类技术手段，同时对其应用效果及发展走向开展探讨，为油田可持续发展提供技术方面的支持。

1 油田注水开发后期的特点及问题

1.1 油藏压力下降

处于注水开发的后期阶段，即便采用注水手段补充能量，但鉴于油藏长期开采，地层压力依然会缓缓下降，这是由于原油始终在不断采出，油藏里流体体积慢慢降低，而注入水并不能完全填补这一亏空，压力降低会造成原油的流动性变弱，造成原油难以从油藏孔隙中被驱离，由此影响到采油效率。

1.2 剩余油分布复杂

历经长时间的注水开采，油藏里剩余油的分布格局变得极为复杂，因油藏非均质性的效应，注入水在油藏

里会优先顺着高渗透率的区域流淌，造成低渗透率区域的原油不易被驱替，生成剩余油聚集地带；油藏里的裂缝、溶洞等地质构造同样会对注入水的流动方向与驱油成效产生影响，造成剩余油分布更趋分散且难以测度。

1.3 注水效率降低

步入注水开发的后期，注水效率会缓缓下降，这是鉴于注水的时间不断增长，油藏岩石表面会吸附大量注入的水及杂质，引起岩石渗透率的下降，注水压力不断攀升，注入的水有概率与油藏里的原油和岩石产生化学反应，造成沉淀及管道堵塞，引起注水效率进一步下降，注水效率下降造成注入水不能有效驱替原油，进而影响到采油效率。

1.4 油井产量递减

由于上述因素作用，后期注水开发阶段，油井产量会有递减趋势，油井的日产量油量慢慢下降，含水比例不断上扬，让油井的经济效益逐步下滑，为维持油井产出量，必须不断加大开采成本投入，诸如提升注水的压强、加大注水的总量等，但这种做法也会引出一系列问题，诸如地层崩裂、套管损坏之类。

2 提升采油率的技术方法

2.1 改善注水技术

2.1.1 分层注水技术

依照油藏的分层属性，实施分层注水工艺，把注入水精准地分配到各个油层间，采用控制各层注水量与注水压力，可切实增强注水效率，令注入水更顺利地驱替各层原油，化解层间矛盾冲突，促进原油的采出率，面对渗透率差异明显的油层，实施分层注水可杜绝高渗透

率层过早水淹，同时提升低渗透率层的动用水平。

2.1.2 调剖技术

调剖技术借助向油藏内注入调剖剂，调整注入水的流动路径，让注入水得以流入之前未被有效驱替的区块，由此增进原油的采收程度，调剖剂能分成颗粒状调剖剂、凝胶状调剖剂等类别，颗粒状调剖剂可封堵高渗透率的通道，逼迫注入水进入低渗透率地带；凝胶状调剖剂可在油藏内生成一定强度的凝胶，调整水流走向。

2.1.3 注聚合物技术

注聚合物技术乃向注入水添加聚合物，增加注入水的黏着力，减低水油流度的比值大小，借此提升注入水的波及系数，聚合物溶液于油藏中开始流动的时刻，会在孔隙中生成阻力，让注入水更均匀地推动原油驱替，增进原油的采收成效，常用的聚合物诸如聚丙烯酰胺等。

2.2 化学驱油技术

2.2.1 表面活性剂驱油技术

表面活性剂可降低油水之间的界面张力，让原油更顺畅地从岩石表面剥离出去，表面活性剂还可对岩石的润湿性作出改变，让岩石从亲油状态过渡到亲水状态，进而提升原油的采收比率，把含有表面活性剂的溶液注入油藏里，表面活性剂分子会吸附至油水界面处，降低了界面张力，让原油在注入水的推动下更易流动。

2.2.2 碱驱油技术

碱驱油技术借助碱和原油里的酸性成分进行化学反应，造就表面活性的物质，减少油水界面张力值，改善原油的采收效果，碱也可以跟岩石表面矿物质起化学反应，更改岩石的润湿性，助力原油的流动，但碱驱油技术确实存在一些弊端，诸如容易引起地层伤害等，应当合理控制碱浓度及注入方式。

2.2.3 复合驱油技术

复合驱油技术是把两种及以上化学驱油方法整合起来，发挥各自的特长，加大驱油成效，聚合物 - 表面活性剂混合驱油技术，既发挥了聚合物提高注入水粘度的效能，又借助了表面活性剂降低油水界面间张力的效果，能显著增进原油的采收率。

2.3 微生物驱油技术

微生物驱油技术利用微生物在油藏内的生长及代谢活动，强化原油的流动属性，加大原油的采收比例，微生物于油藏中可制造出生物表面活性剂、气体、有机酸等物质，生物表面活性剂可降低油与水的界面张力；气体可增加油藏的压力值，让原油出现膨胀；有机酸可溶解存在于岩石中的矿物质，扩大孔隙孔径。某些微生物可生成二氧化碳气体，拉高油藏的压力，推动原油往生产井前行，微生物驱油技术呈现出成本低、环境友好

等益处，同时微生物在油藏中可实现自我繁殖并适应油藏条件，一直发挥功效，微生物的生长和代谢受油藏温度、压力、酸碱度等多类因素的干扰，其效果的稳定性及可预测性需提升，科研人员正着力筛选与培育更适配油藏环境的微生物菌株，且对微生物驱油的工艺参数做优化处理，以增进此项技术的应用效果。

2.4 油藏数值模拟优化

2.4.1 建立精确的油藏模型

采用先进的地质探测技术及数据分析办法，构建精准的油藏模型，油藏模型应囊括油藏的地质架构、岩石物性特征、流体性质等参数，依靠对油藏模型做模拟，可掌握油藏开采过程以及剩余油分布情形，为拟定科学的开采方案给予支撑。

2.4.2 优化开采方案

按照油藏数值模拟得出的结果，提升开采方案水平，厘定合理的注水样式、注水量、采油速率等参数，经由不断地改进和优化开采方案，可增强原油的采收效率，能够利用油藏数值模拟去预测不同开采方案的产量及经济效益，筛选出最优的开采方案。

伴随计算机技术与数值模拟算法的持续进步，油藏数值模拟的精度与效率实现显著提升，当下油藏数值模拟不仅可以把油藏静态地质特征纳入考量，还可模拟油藏开采进程里的动态改变，诸如流体的动态流动、压力的动态变化、化学反应等，多学科的结合为油藏数值模拟带来新的发展机缘，地质、油藏工程、地球物理等多学科的数据跟知识能更有效地整合到油藏模型当中，增强模型的精准度与可信度。

2.5 井筒技术优化

2.5.1 井筒防砂技术

处于油田注水开发的后期阶段，缘于油藏压力的降低及流体流动情况的变动，油井容易面临出砂难题，出砂能造成井筒堵塞、设备损坏等情形，累及油井的正常生产活动，得采用有效的井筒防砂办法，类似机械防砂、化学防砂的，防范油井出现砂粒涌出，维持油井的常态化生产。

2.5.2 井筒举升技术优化

伴随着油井产量递减、含水率上扬，井筒举升难度明显上扬，需对井筒举升技术做优化，选定恰当的举升设备及工艺，就高含水的油井而言，可采用电潜泵、螺杆泵等类似举升设备，增进举升功效，降低开采耗费。

3 技术方法的应用效果及发展趋势

3.1 应用效果

3.1.1 改进注水技术应用实效

诸如分层注水、调剖和注聚合物等改善注水技术，

在实际应用里达成了显著效果,采用分层注水办法,可有效增进各油层的动用程度,缓解层间矛盾,提高注水成效;调剖技术可改变注入水的流向,拉高原油的波及系数值;注聚合物技术能增加注入水的黏滞度,调低水油的流度比值,加大原油的采收比例,若采用这些技术后,一些油田采收率可实现10% - 20%的提升。

3.1.2 化学驱油技术应用呈现的效果

诸如表面活性剂驱油、碱驱油和复合驱油等化学驱油技术,对提高原油采收率也贡献重大,表面活性剂驱油技术可实现降低油水界面张力,加大原油的采收程度;碱驱油技术可跟原油里的酸性成分进行反应,造就表面活性物质,改进原油的流动情形;复合驱油技术聚合了多种化学驱油方法的长处,可得到更棒的驱油成效,某些油田采用了化学驱油技术后,原油采收率可实现15% - 30%的增长。

3.1.3 微生物驱油技术应用达成的成效

一些油田采用微生物驱油技术,也取得一定效果,微生物生长与代谢活动可改良原油流动性,加大原油的采收程度,凭借注入微生物制剂,某些油田的油井产油量得到提升,含水量略微下降,然而现阶段,微生物驱油技术存在一些问题,诸如微生物适应性、代谢产物的管控等,尚需进一步研究改进。

3.1.4 油藏数值模拟优化的应用效益

油藏数值模拟优化可协助油田更精准地了解油藏开采过程和剩余油分布状态,制订恰当的开采方案,依靠优化开采方案手段,部分油田可提升原油采收率,降低开采花销,油藏数值模拟还可给油田开发决策提供科学佐证,优化油田的管理水平。

3.1.5 井筒技术优化达成的应用效果

优化井筒防砂和举升技术,可有效解决油井的出砂与举升难题,维持油井的常规生产,采用恰当的防砂技术,可阻止油井砂体产出,减少设备受损情形;采用举升技术优化手段,可以增进举升效率,压低开采用度。

3.2 发展趋势

3.2.1 技术集成与创新

提高采收率的技术会更聚焦于技术整合与革新,把各类技术方法开展有机结合,释放各自的长处,造就更高效采收技术体系,将化学驱油技术跟微生物驱油技术组合在一起,借助微生物生成的生物表面活性剂与化学驱油剂的协同效能,加大原油的采收程度。

3.2.2 智能化与自动化

伴随信息技术的稳步发展,油田开采将往智能化、自动化方向前行,利用诸如传感器、大数据、人工智能等技术,实现对油藏实时监测与管控,优化开采计划,

增进开采效率,依靠智能传感器实时测定油藏的压力、温度、含水率等相关参数,采用大数据分析及人工智能算法对数据处理分析,自动更改注水方式以及采油速度。

3.2.3 绿色环保

处于环境保护要求不断趋严的背景里,提升采收率的技术将更看重绿色环保,开发且应用对环境无害的采油技术及化学药剂,降低环境的污染水平,研制可自行降解的化学驱油剂,减少化学药剂对土壤及水体的污染程度。

4 结语

提高油田注水开发后期采收率是复杂关键问题,牵扯到油田的可持续化进程,本文对油田注水开发后期特点及问题进行分析,针对改善注水技术、化学驱油技术、微生物驱油技术、油藏数值模拟优化以及井筒技术优化等一系列提升采收率的技术方法进行了探讨,且对这些技术应用效果与发展动态进行了研究。于实际应用中,这些技术方法都收获了一定效果,然而仍存在一些不足,要不断做研究以实现完善,伴随技术的持续推进,用于提升采收率的技术将朝着技术融合创新、智能化自动化、绿色环保等方向变迁,利用综合采用各种技术途径,不断实施革新优化,有机会进一步提升油田注水开发后期采收比例,实现油田资源的高效开发跟利用,为经济发展夯实可靠的能源后盾,也需进一步加强油田开采的环境保护力度,实现油田开发与环保的协同共进。

参考文献

- [1]董娟. 油田注水开发后期提升采收率的技术措施分析[J]. 石化技术, 2023, 30(05): 19-21.
- [2]张海燕. 油田注水开发后期提升采收率的技术措施研究[J]. 石化技术, 2023, 30(04): 71-73.
- [3]王志永, 宋文娟, 柳青馨. 油田注水开发后期提升采收率的技术措施[J]. 化工管理, 2022, (24): 50-52.
- [4]睦金扩, 李璇, 赵晖等. 浅述油田注水开发后期提升采收率的技术措施[J]. 云南化工, 2018, 45(03): 126.
- [5]肖伟, 慕喜平, 白龙等. 油田注水开发后期提升采收率的技术措施[J]. 云南化工, 2018, 45(01): 81.
- [6]杨效军. 油田注水开发后期提升采收率的技术措施[J]. 石化技术, 2017, 24(10): 233.
- [7]夏永建. 油田注水开发后期提升采收率的技术措施[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019, 39(17): 201-202.
- [8]徐艳, 任涛. 油田注水开发后期提升采收率的技术措施[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2019(14): 73