

# 石油工程新型采油技术应用

孙重亚

南阳腾远石油工程技术服务有限公司 河南 南阳 473400

**摘要:** 在全球能源需求持续稳定、石油资源开发向复杂领域推进的行业背景下,采油技术的迭代升级成为突破开发瓶颈的关键。本文围绕石油工程新型采油技术应用展开研究,剖析了传统采油技术局限,阐述新型技术受资源需求、技术创新、政策环保及经济管理驱动的发展动因;明确新型技术的界定标准与三类分类,解析各类技术核心原理;详细探讨了化学驱改良型、气驱强化型、非常规油气藏开采型及智能井与自动化采油技术的具体应用。

**关键词:** 石油工程;新型采油技术;具体应用

引言:当前全球石油资源开发面临常规易采资源递减、非常规与深部资源开发需求攀升的局面,传统采油技术在复杂储层适配、效率提升及环保合规上的不足日益凸显,难以满足行业发展需求。在此背景下,新型采油技术成为突破开发瓶颈的关键。本文以石油工程新型采油技术应用为研究对象,通过分析技术发展动因、分类原理及具体应用,系统梳理新技术的应用逻辑与实践路径,旨在为油田企业选择与应用新型采油技术提供理论参考。

## 1 传统采油技术局限与新型技术发展动因

### 1.1 传统采油技术的核心局限

传统采油技术在资源开发深度与广度上的适配性不足日益凸显,其局限主要体现在三个维度。在地质适配层面,对储层非均质性、渗透率各向异性的应对能力薄弱,难以精准匹配复杂岩性与深部地层的极端温压条件,导致资源动用不充分。在效率与成本层面,技术体系对开发全流程的管控缺乏系统性,设备依赖人工操作与经验判断,不仅施工效率偏低,还因高端设备进口依赖推高综合成本,同时采收率提升陷入瓶颈。在生态适配层面,传统工艺对污染物的处理能力有限,钻井液、采油废水等废弃物排放易引发土壤与地下水污染,且对敏感区域的地表扰动控制不足,难以满足严苛的环保标准。

### 1.2 新型采油技术的发展原因

新型采油技术的迭代升级受多重因素协同驱动。资源开发需求构成核心牵引,常规易采资源储量递减与非常规、深部资源开发需求攀升形成矛盾,倒逼技术向低渗透、非常规领域突破。技术创新提供核心支撑,钻井提速技术、压裂工艺创新与数字化技术的融合,为解决传统技术瓶颈提供了方法路径,而材料科学的进步则为极端环境作业提供了硬件基础。政策与环保形成外部驱

动,能源安全战略引导技术向关键领域聚焦,碳中和目标下的低碳要求则推动技术向环境友好型转型。经济与管理需求构成现实推力,通过技术升级优化成本结构、提升生产效率的诉求,以及产学研协同创新机制的完善,加速了新型技术的研发与转化<sup>[1]</sup>。

## 2 石油工程新型采油技术的分类与核心原理

### 2.1 新型采油技术的界定与分类标准

新型采油技术以突破传统技术局限为核心特征,界定需满足技术创新性、应用适配性与效能提升性三大维度:技术创新性体现在原理、工艺或设备的突破性改进,区别于传统技术的同质化升级;应用适配性针对复杂储层或特殊开发场景,具备传统技术缺乏的环境与地质适配能力;效能提升性则聚焦采收率提高、成本优化或环保水平升级。分类标准以技术功能为核心依据,结合开发目标与应用场景,可划分为提高采收率类、非常规油气开采类与智能高效开采类,三类技术分别对应“资源动用强化”“特殊资源开发”“开采流程优化”的核心需求,形成覆盖不同开发阶段与资源类型的技术体系。

### 2.2 提高采收率类新型技术核心原理

此类技术核心围绕“改善流体流动特性”与“强化驱替效率”展开,通过调控油藏内流体界面性质、地层孔隙渗流环境实现采收率提升。从作用机制看,一是通过改变原油黏度或降低油水界面张力,削弱原油与储层岩石的黏附力,减少残余油滞留;二是通过优化驱替介质的流动性与波及范围,弥补传统驱替技术非均质储层中波及效率低的缺陷,同时利用驱替介质与地层流体的协同作用,激活传统技术难以动用的微孔道原油,实现储层内剩余油的高效采出,核心逻辑是通过物理、化学或物理化学作用,打破油藏内原有的流体平衡状态,建立更利于原油流动的渗流体系。

### 2.3 非常规油气开采类新型技术核心原理

该类技术以“破解非常规资源开发瓶颈”为目标，核心原理聚焦“改善储层渗透性”与“优化资源赋存状态”。针对非常规储层低孔低渗、资源赋存紧密的特点，通过物理或化学手段改造储层结构，构建人工渗流通道，降低流体流动阻力；同时，根据非常规资源的赋存形态，通过温度、压力或介质调控，改变资源的物理化学性质，使原本难以流动的资源转化为可采流体状态。技术原理强调“针对性改造”与“适应性开发”，不依赖传统开采的自然渗流条件，而是通过主动干预储层与资源状态，为非常规油气的高效开采创造必要条件。

### 2.4 智能高效开采类新型技术核心原理

其核心原理基于“实时感知-动态调控-智能优化”的闭环逻辑，以数字化与自动化技术为支撑，实现开采流程的精准化与高效化。通过部署多维度感知系统，实时采集油藏动态、开采参数与设备状态数据，打破传统开采的信息滞后性；借助数据处理与分析技术，建立开采参数与开发效果的关联模型，实现对开采过程的动态预测；再通过自动化控制系统，根据预测结果实时调整开采参数，优化生产流程，减少人工干预带来的误差与延迟。核心在于通过“数据驱动决策”替代“经验驱动操作”，提升开采过程的响应速度与调控精度，同时通过流程集成化降低各环节的协同损耗，实现开采效率与运维水平的同步提升<sup>[2]</sup>。

## 3 石油工程主流新型采油技术的具体应用

### 3.1 化学驱改良型采油技术的应用

化学驱改良型采油技术的应用要结合储层物性与开发阶段，通过系统化的方案设计与现场管控实现高效应用，具体应用内容如下：（1）应用场景适配。优先选择孔隙度适中、渗透率处于中低范围的砂岩储层，需提前通过岩心实验与测井数据评估储层黏土矿物含量，避免黏土膨胀对化学剂运移造成阻碍；针对原油黏度较高的油藏，需先通过原油物性分析确定化学剂体系的适配性，确保化学剂能有效降低油水界面张力或改善原油流动性。（2）化学剂体系配置与注入控制。根据储层温度、矿化度调整化学剂浓度与复配比例，采用分段式配置工艺确保化学剂混合均匀，避免局部浓度过高引发沉淀；注入过程中采用阶梯式压力调控，初始阶段以低注入压力建立稳定渗流通道，随注入量增加逐步调整压力，防止储层发生裂缝性损害。（3）现场监测与动态调整。部署分布式光纤监测系统实时追踪化学剂前缘运移情况，通过产出液分析判断化学剂作用效果；当监测到化学剂突破或驱替效率下降时，及时调整化学剂配方或

注入参数，如补充助驱剂改善驱替前缘稳定性，或调整注入速度优化化学剂波及范围。（4）应用过程中的储层保护措施。注入前对储层进行预处理，清除近井地带污染物以提高化学剂注入效率；注入过程中添加防黏土膨胀剂与缓蚀剂，减少化学剂对储层岩石结构的破坏与设备腐蚀；开发后期通过返排液处理与回用技术，降低化学剂对环境的影响，同时控制开发成本。

### 3.2 气驱强化采油技术的创新应用

气驱强化采油技术的创新应用聚焦于注入工艺优化、气液配伍调控与现场安全管控，具体应用内容如下：（1）注入气类型选择与预处理。根据油藏原油组分与储层压力选择适配的注入气类型，如针对轻质原油优先选用烃类气体，针对重质原油可选用二氧化碳等非烃类气体；注入前对气体进行净化处理，去除杂质与酸性组分，避免对储层造成腐蚀或堵塞孔隙通道。（2）注入工艺与井网部署。采用多段塞交替注入工艺，通过气体段塞与液体段塞的交替注入改善气驱前缘稳定性，减少气体窜流；井网部署需结合储层非均质性，采用五点法或九点法井网时，合理调整注采井距以扩大气驱波及范围，针对薄层储层可采用水平井与直井组合的井网模式，提升纵向动用程度。（3）现场压力与流量管控。建立实时压力监测系统，控制注入压力处于储层破裂压力以下，防止储层产生无效裂缝；通过流量调控实现注入气的均匀分布，针对高渗透区域适当降低注入流量，对低渗透区域采用脉冲式注入提高气体驱替效率；定期对注采井压力差进行分析，及时调整注采参数以维持稳定的驱替状态。（4）气驱与其他技术的协同应用。与储层改造技术结合，先通过压裂改善低渗透储层连通性，再实施气驱作业以提升驱替效果；与化学驱技术协同应用时，先注入化学剂改善原油流动性，再注入气体强化驱替，形成“化学预处理-气体驱替”的复合应用模式，提升整体开发效率<sup>[3]</sup>。

### 3.3 非常规油气藏新型采油技术的应用

非常规油气藏新型采油技术的应用要针对储层低孔低渗、资源赋存紧密的特点，通过针对性的储层改造与开采工艺实现有效开发，具体应用内容如下：（1）储层改造工艺应用。采用体积压裂技术时，通过多簇射孔与分段压裂设计，在储层内形成复杂的裂缝网络，扩大储层与井筒的接触面积；针对页岩油藏，采用水平井与体积压裂结合的方式，沿水平井段部署多个压裂段，通过控制压裂液排量与砂比，确保裂缝有效延伸且支撑剂分布均匀；对煤层气藏，采用水压致裂与卸压开采结合的工艺，通过压裂解除煤层应力，促进甲烷解吸与渗流。

(2) 开采参数动态调控。根据非常规油气藏的生产动态特征,采用间歇式开采模式,当井口压力下降到一定阈值时暂停开采,待储层压力恢复后重新启动,平衡产量与资源动用效率;针对页岩油开采,通过监测产出液中的原油黏度与含水率,调整开采温度或注入介质,维持原油流动性;煤层气开采中,实时监测排水速度与产气压力,通过控制排水强度实现产气稳定。(3) 井筒与地面工艺适配。采用耐高压、抗腐蚀的井筒管材,适应非常规储层的极端温压条件;地面集输系统采用密闭式设计,减少油气泄漏与环境影响;针对高含硫的非常规油气藏,配套脱硫处理装置,确保油气产品符合质量标准;对煤层气,采用脱水与增压工艺,提升气体输送效率与利用价值。(4) 开发后期的产能维持措施。当非常规油气藏产量出现递减时,采用重复压裂技术对原有裂缝进行扩展或改造,重新建立有效渗流通道;通过补充能量开采,如向储层注入气体或液体,维持储层压力以延缓产能递减;针对页岩油藏,采用热泵辅助技术,通过加热改善原油流动性,提升后期开采效率。

### 3.4 智能井与自动化采油技术的集成应用

智能井与自动化采油技术的集成应用以数字化感知、智能化调控为核心,通过多系统协同实现开采流程的精准化与高效化,具体应用内容如下:(1) 智能感知系统部署与数据采集。在井筒内安装压力、温度、流量等多参数传感器,实现对井底生产参数的实时采集;采用光纤传感技术监测储层流体前缘运移与套管完整性,通过分布式监测覆盖整个生产井段;地面部署环境监测设备,实时采集井口压力、温度、含水率等数据,形成“井下-地面”一体化数据采集网络,确保数据实时性与完整性。(2) 自动化控制系统应用。采用分层开采控制系统,通过井下智能阀组实现对不同产层的独立开关与流量调控,根据各层产能差异优化开采参数;地面自动化系统与井下控制系统联动,实现注采参数的远程调控,当监测到参数异常时自动触发调整指令,如井口压力超标时自动降低注入速度;集成井口自动化设备,

如自动加药装置、智能计量装置,实现加药、计量等环节的无人化操作,减少人工干预。(3) 数据处理与智能决策支持。建立数据集成平台,对采集的井下、地面数据进行统一存储与预处理,去除异常数据以保证数据准确性;采用大数据分析技术构建产能预测模型,通过历史生产数据与实时监测数据预测未来产能变化趋势,为开采参数调整提供依据;引入人工智能算法优化开采方案,如通过机器学习识别最优注采参数组合,或通过智能诊断模型判断设备运行状态,提前预警潜在故障。

(4) 系统协同与运维管理。实现智能井系统与油田生产管理系统的对接,将开采数据与生产计划、设备管理等模块联动,提升整体生产管理效率;建立远程运维中心,通过实时数据监控与远程控制,减少现场运维工作量,当设备出现故障时,通过系统定位故障位置并指导维修;定期对系统进行校准与升级,确保传感器精度与控制系统稳定性,同时根据开发阶段变化调整数据模型与控制策略,适应不同开采阶段的需求<sup>[4]</sup>。

结束语:本文系统研究了石油工程新型采油技术应用相关内容,明确传统技术局限与新型技术发展动因,梳理技术分类标准与核心原理,阐述四类主流新型技术的应用要点。研究证实,新型采油技术能有效适配复杂开发场景,提升采收率与开采效率,兼顾环保要求。未来,需进一步推动技术创新,聚焦高效化、低碳化与智能化方向。

### 参考文献

- [1] 吴志强.石油工程新型采油技术应用[J].化工设计通讯,2020,46(12):32-33.
- [2] 赵宇平,杨爱刚.石油工程新型采油技术应用研究[J].石油石化物资采购,2022(20):28-30.
- [3] 李欣衲,韩瑞.提升石油采收率的新型采油技术应用探究[J].石油石化物资采购,2025(8):76-78.
- [4] 王文瑞.石油工程中新型采油技术的应用[J].石油石化物资采购,2025(16):121-123.