

# 高含水油田水驱开发中的优化技术及经济效益分析

陶洁 周利 王中华 侯庆勇 李翠 (中国石化胜利油田河口采油厂, 山东 东营 257200)

**摘要:** 本文旨在探索高含水油田水驱开发中的优化技术及经济效益, 文中分析了高含水油田水驱开发的技术原理和常见问题, 针对具体问题, 本文提出了注水优化技术、开采结构调整技术、储层改造技术、驱油效率提升技术、动态监测与智能优化技术等一系列高含水油田水驱开发中的优化技术建议。经过分析, 这些技术可以给高含水油田水驱开发工程带来包括提高采收率的直接收益、降低生产成本的间接收益、高附加值驱油技术的投资回报、智能优化技术的长期收益等各种经济效益, 值得进行相应的推广。

**关键词:** 高含水油田; 水驱开发; 优化技术; 经济效益

## 0 引言

高含水油田在长期开发过程中, 由于地质条件复杂、储层非均质性强、含水率逐年上升等问题, 常导致地层压力下降、采收率降低、采油难度加大等现象的出现<sup>[1]</sup>。这些问题不仅影响油田的开发效率, 还增加了开发成本, 限制了经济效益的提升。因此, 对高含水油田的水驱开发技术进行相应的技术改进, 已成为当前油田开发中的重要研究方向。

## 1 高含水油田水驱开发概述

### 1.1 高含水油田的特点

①含水率逐年上升, 采油难度增大。高含水油田在开发过程中, 随着地层内可采油量逐步减少, 注入水在储层中逐渐占据主导地位, 含水率呈现逐年上升趋势<sup>[2]</sup>。这种现象直接导致采油过程中的水处理难度加大, 采油效率降低, 严重影响了油田的开发效益。②地层压力下降, 采收率降低。由于有的开采项目长期开发及注采系统的不合理运行, 高含水油田的地层压力会逐渐下降。这种压力下降的现象会使得驱油动力不足, 油藏中的剩余油难以被有效动用, 从而造成采收率显著降低, 影响项目的开发效果。③地质条件复杂, 储层非均质性强。高含水油田通常处于复杂的地质环境, 储层结构分布不均匀, 渗透性差异显著, 非均质性较强<sup>[3]</sup>。这种地质特性比较容易引发注水过程中油水流动的不均衡现象, 导致局部储层动用程度低, 从而进一步加剧油田开发的整体难度。

### 1.2 水驱开发技术的基本原理

在高含水油田中, 采用水驱开发技术进行原油开采, 一般需要作业人员向地层注入水体, 通过调控注水量和注水压力等操作, 利用水的驱替作用, 将原油从储层中推动至生产井, 完成对油藏资源的有效开采。在这个过程中, 作业人员需要注意注水均匀性, 避免

因储层非均质性导致的油水窜流现象, 从而引发采收率降低或局部储层未能有效动用等问题。

过往经验表明, 在高含水油田的开发过程中, 水驱开发技术虽然已经广泛应用, 但实际操作中仍需要处理好注水系统设计、储层压力平衡维护以及水质管理等问题<sup>[4]</sup>, 才能帮助开采项目更好地在高含水油田中进行高效开发, 实现采收率的提升与经济效益的最大化。

### 1.3 水驱开发技术的常见问题

①注水不均导致的油水窜流问题。在水驱开发技术应用的过程中, 由于储层非均质性、注水系统设计不合理以及注水压力控制不当等因素的影响, 水驱过程容易出现注水不均的现象, 导致油水窜流问题。这种问题会引起油水界面移动速度失衡, 使得部分区域的剩余油难以动用, 从而影响项目的采收率与开发效果。②储层非均质性引发的采收率差异问题。由于储层渗透性差异、孔隙结构不均等地质条件的影响, 水驱开发过程中容易导致储层动用程度的差异性问题发生。其中, 高渗透区域会先被动用, 而低渗透区域的剩余油则会难以有效驱动, 这种不均匀开发现象最终会降低整体采收率, 增加开发难度。③注采系统不合理导致局部油藏动用程度不均匀问题。注采系统设计不合理的现象, 包括井网布置不科学、注采比失调等问题<sup>[5]</sup>, 会导致局部油藏发生动用程度不均匀的问题。这种现象可能造成油藏中某些区域的原油过早被动用, 而其他区域的剩余油长期滞留, 形成局部动用率低的“盲区”, 从而影响整体开发的经济效益。④高含水期成本增加问题。在高含水油田中使用水驱开发技术时, 当油田进入高含水期后, 原油产量就会下降但含水处理成本却会显著增加。此外, 为了维持开发效果, 作业团队还需要进行更频繁的注水压力调节、

井网调整以及储层改造等操作，这就会导致开发成本进一步上升，从而严重影响项目的总体经济效益。

## 2 高含水油田水驱开发中的优化技术

### 2.1 注水优化技术

#### 2.1.1 分层注水技术

为了解决注水不均和储层非均质性引发的油水窜流问题，在高含水油田水驱开发中可以利用分层注水技术，针对不同层段的储层特性进行精细化注水，改善注水效果，提高采收率。其中，分层注水技术主要是通过通过对储层进行分段分析，采用封隔器等设备对各层段注水量进行精确分配，避免注水集中在高渗透区域导致油水发生流动不均等问题。结合动态监测数据与智能优化手段，水驱开发过程可以实现对储层的均匀动用，从而提高开发效果并延长油田开发寿命。

#### 2.1.2 水质优化技术

针对高含水油田水驱开发中水质不达标可能引发的地层堵塞与注采系统故障问题，水质优化技术可以在水驱开发过程中帮助开发团队显著提升水驱过程的注水效率。该技术主要是利用先进的过滤、除氧和软化设备，全面改善注入水的物理化学性质，避免注入水对储层的污染与破坏。在实际应用中，水质优化技术可以改善注入水的粒径分布、溶解气体含量和硬度，从而有效防止储层损害与注采设备的腐蚀，提高注水效果并降低运行成本。

#### 2.1.3 注水压力控制优化技术

由于高含水油田水驱开发中容易出现注水压力过高或过低导致注水不均的现象，在实际开发中，开发团队可以采用注水压力控制优化技术，改善驱油效率，提高采收率。注水压力控制优化技术主要是通过实时监测注水压力，对注水井的工作参数进行动态调整，根据储层压力变化合理分配注水量，结合智能控制技术与地层监测数据，持续优化注水压力，来确保储层的压力平衡，避免因压力波动引发的油水窜流或地层破坏问题，从而实现水驱开发项目的高效注水与稳产目标。

### 2.2 开采结构调整技术

#### 2.2.1 调整井网密度

由于开采结构问题，高含水油田水驱开发中容易出现局部动用不足和剩余油分布不均的现象。在这种情况下，作业人员可以采用调整井网密度的方法优化油藏动用效果。具体来说，就是要根据储层分布特性和含水率变化，合理增加或减少注采井的布设密度，

对储层区域实现均衡开发，从而提升整体采收率。在调整井网密度的过程中，作业人员需要充分结合地质资料与动态监测数据，优化井网布置，明确注采关系，平衡注采比，减少开发“盲区”，改善薄差储层的动用效果，减少剩余油分布不均的问题，最终实现油田的高效开发与稳定产量。

#### 2.2.2 缩短井距提高薄差储层的动用程度

高含水油田开发过程中，薄差储层由于非均质性强、渗透性差等问题，容易出现动用程度低的现象，导致剩余油难以被有效开发。为了解决这一问题，可以通过缩短井距的方法，增加注采井的覆盖密度，改善储层的压力分布和注水驱替效果。在实际操作中，作业人员可以根据储层的具体条件，对井距进行优化设计，结合分层注水和动态监测技术，调整注水方向与压力，确保薄差储层得到充分动用。此外，开发团队还需定期评估井距调整效果，结合储层开发动态进行进一步优化，逐步提高薄差储层的动用程度，最终实现高效开发的项目目标。

### 2.3 储层改造技术

#### 2.3.1 压裂改造技术

针对高含水油田开发中储层渗透性差、油藏动用程度低的问题，可以采用压裂改造技术进行适当的优化调整。该技术主要是通过通过高压注入裂缝支撑剂，使储层内形成人工裂缝，增加油气渗流通道，从而改善储层的渗透条件，提升油田的开发效果。在使用压裂改造技术的过程中，作业人员需要根据储层特性设计合理的压裂参数，选择适当的压裂液与支撑剂，确保裂缝延伸方向与储层特性匹配，避免因施工不当导致储层损伤。此外，还需结合动态监测数据，对压裂效果进行实时评价，调整施工方案，最大程度地提高储层动用效果，最终实现高效开发目标。

#### 2.3.2 酸化技术

为了解决储层堵塞、渗透性降低等问题，高含水油田开发中可以利用酸化技术对储层进行适当的改造。酸化技术主要是通过注入酸液溶解储层中的矿物质沉淀物与堵塞物，清除孔隙内的障碍物，从而在一定程度上恢复或提升储层的渗透性。具体操作中，作业人员需选择适合储层条件的酸液配方，合理控制酸化液的注入速度与作用时间，避免酸液过度反应引发储层损伤。结合酸化后的动态监测数据，作业人员可以更为有效的评估酸化效果并优化后续注水方案，逐步改善储层条件，提高注水驱替效率与采收率，降低

开发难度，提升油田的经济效益。

## 2.4 驱油效率提升技术

### 2.4.1 聚合物驱技术

由于高含水油田水驱开发中容易出现注水驱替效率低、剩余油分布不均的问题，在这种情况下，开发团队可以尝试采用聚合物驱技术来优化驱替效果。聚合物驱技术就是通过向注入水中加入聚合物溶液，来增加注入水的黏度，从而改善水驱的波及系数与驱替效率。在实际应用中，作业人员需根据储层特性选择合适的聚合物浓度和注入参数，通过动态监测数据及时调整注入方案，确保聚合物溶液在储层中的分布均匀，避免造成过早突破和注入成本浪费等问题。在这个过程中，还可以结合动态调控与储层改造技术，来使聚合物驱技术进一步提高剩余油的动用程度，实现采收率的稳健提升，同时延长油田的稳产期。

### 2.4.2 表面活性剂驱技术

在高含水油田水驱开发中，传统技术可能难以应对原油黏附力强和剩余油分布复杂的问题，因此开发团队也可以采用表面活性剂驱技术来提高驱油效率。表面活性剂的作用原理就是通过降低油水界面张力和改变岩石表面的润湿性，来增强驱油能力。在实际操作中，作业人员需根据储层条件选择合适的表面活性剂类型与浓度，合理设计注入方案，确保其与储层流体的兼容性。通过表面活性剂的作用，水驱技术可以更为有效的释放储层中的剩余油，提高采收率，同时减少注水量和开发成本，为高含水油田开发提供更加全面的技术支持。

## 3 优化技术的经济效益分析

### 3.1 提高采收率的直接收益

在高含水油田水驱开发中，采用分层注水技术、聚合物驱技术等优化技术，可以有效改善水驱波及系数，降低油水窜流的发生概率，优化储层动用效果，从而显著提升采收率。这些技术能够动用更多的剩余油，提高原油产量，直接增加油田的经济效益。此外，优化技术还能延长油田稳产期，从而进一步提高开发项目的收益水平。

### 3.2 降低生产成本的间接收益

在高含水油田水驱开发中，采用水质优化技术、智能注采优化技术等优化技术，可以提升注水效率，优化注采系统设计，降低储层维护和设备损耗的成本，从而减少生产成本的间接收益。这些技术可以通过提高注水的精准性和均匀性，减少地层堵塞与注采比失

衡问题，同时降低停产维修频率和设备更换频次，为项目运营节约大量生产成本。

### 3.3 高附加值驱油技术的投资回报

聚合物驱技术、表面活性剂驱技术等优化技术则可以在高含水油田水驱开发中对驱油效率和储层动用范围进行相应的优化和改良，提升驱油技术的附加值。具体而言，就是可以提升水驱技术的波及范围和剩余油动用率，从而不断增加原油产量，实现更高的投资回报。这些技术虽投入成本较高，但其对采收率和产量的提升效果立竿见影，长期来看此类技术的确具有较高的经济附加值。

### 3.4 智能优化技术的长期收益

智能优化技术是油气开采行业未来的重要发展方向，因为人工智能、大数据分析等现代科技的崛起和持续进步，可以给油田开发带来精准化和智能化的管理。在高含水油田水驱开发中，智能优化技术已经可以做到实时调整注采方案、动态监控储层变化，不断优化开发策略，一旦智能技术再次升级迭代，其所带来的长期收益是不可估量的。

## 4 结语

在高含水油田水驱开发过程中，常常会面临储层非均质性强、含水率逐年上升以及驱油效率低等技术问题，因此，我们需要尝试从优化注水技术、改造储层结构、提升驱油效率和引入智能化技术等角度出发进行相应的优化调整，逐渐改变注水不均、油水窜流及剩余油动用不足的现象，提升采收率 and 经济效益，最终才能实现对高含水油田的高效开发与可持续利用。

### 参考文献：

- [1] 王吉涛,李俊健.高含水油田剩余油研究方法、分布特征与发展趋势[J].油气地质与采收率,2024,31(02):58-69.
- [2] 徐勇,张松涛,赵小东,刘浪.高含水油田开发效果评价方法及应用[J].化工管理,2023,(19):65-67+87.
- [3] 陈臻.深度开发高含水油田提高采收率[J].化学工程与装备,2021,(06):93-94.
- [4] 吴皓杰,周双忠.高含水油田开发效果评价方法分析[J].当代化工研究,2018,(05):17-18.
- [5] 周焱斌,许亚南,杨磊,龙明,于登飞.高含水期油田的注采关系调整和挖潜开采研究[J].天然气与石油,2017,35(06):59-65.