高压低渗油藏的配套工艺优化与经济效益评估

徐　凯（胜利油田胜利采油厂，山东　东营　257000）

摘　要：本文围绕高压低渗油藏的配套工艺优化与经济效益评估展开研究。首先，分析了高压低渗油藏的特性和挑战，强调了优化工艺与经济评估的重要性。其次，探讨了水平井、多级压裂、CO_2注入、聚合物驱油、微生物驱油等技术的应用，并提出了改进压裂液体系设计、油藏压力管理、压裂压力调控等关键技术。在经济效益评估方面，建立了综合的评价指标体系，对投资成本和收益效益进行了全面分析。通过案例分析，验证了优化工艺和经济评估方法的实际效果。最后，总结了研究成果，并展望了未来的研究方向，强调了技术创新和可持续发展的重要性。本文为高压低渗油藏的开发提供了理论指导和实践经验，对于提高油田开采效率和经济效益具有重要意义。

关键词：高压低渗油藏；工艺优化；经济评估；技术应用

1 引言

随着全球石油资源的逐渐枯竭，高压低渗油藏作为一种非常重要的非常规油气资源，其开发利用成为了当前油气行业的研究热点。然而，由于其地质条件复杂、油藏流体性质独特，传统的开发技术往往难以有效开发这类油藏，导致开采率低、成本高、产能衰减快等问题。因此，优化配套工艺并进行经济效益评估对高压低渗油藏的开发具有重要意义。

通过研究优化的开发工艺，可以提高油藏的采收率和产能，降低生产成本，从而实现更为高效的资源利用。同时，经济效益评估则能够全面评估新工艺引入后的投资回报情况，为决策者提供科学依据，指导油田开发策略的制定。此外，对于国家来说，高效开发高压低渗油藏还可以增加能源供应，提升国家能源安全水平，促进经济可持续发展。因此，本研究对于完善高压低渗油藏的开发技术体系，提高能源资源利用效率，具有重要的理论与实践意义。

2 高压低渗油藏特性分析

2.1 高压低渗油藏的基本特征

高压低渗油藏是一类地质储层特性复杂的油气藏，其基本特征包括以下几个方面[1]：①油藏岩石孔隙度低，渗透率较小，导致油气在地层中运移困难，开采难度大；②油藏压力高，通常处于高压状态，这使得开采过程中需要克服较大的地层压力，增加了开发的技术难度；③高压低渗油藏地质构造复杂，油水层分布不均匀，使得油气开采的投入产出比较低。此外，油气在储层中存在着复杂的相态行为，比如油气混合、气体溶解、水驱等，这些都增加了油藏开发过程中的技术难度。

综合来看，高压低渗油藏具有岩石孔隙度低、压力高、地质构造复杂等特征，这些特点使得其开发成本高、难度大，因此需要采用合适的工艺技术和管理方法来提高开采效率和经济效益。

2.2 油藏流体性质分析

油藏流体性质分析是理解和优化高压低渗油藏开发的关键一步。主要涉及原油、水和气体的性质以及它们在油藏中的行为。原油的性质包括密度、粘度、凝固点等，这些性质直接影响油藏的开采方式和流动性。水的性质主要包括含盐度、PH值等，对于水驱开采有重要影响。气体的性质包括相对密度、气体溶解度等，影响着气体驱替和压裂技术的应用。其次，分析油藏中各种流体的相态行为至关重要。例如，原油与天然气的混合物在地下储层中的相互作用，会导致相分离、气体溶解、凝析等现象，影响油气产量和生产稳定性。水与油的相互作用也会影响到油藏的开采方式，例如水驱和水淹油藏的特性和效果。最后，针对油藏中流体性质的特点，需要采取合适的开发技术和工艺措施。例如，根据原油的粘度和水的驱替能力选择合适的采油工艺；根据气体的溶解度和压裂技术设计合适的压裂液体系等。综合分析油藏流体性质，可以为优化开发工艺提供科学依据，提高采收率和经济效益。

3 配套工艺优化

3.1 增产技术与方法

3.1.1 水平井与多级压裂技术应用

水平井和多级压裂技术是在高压低渗油藏开发中广泛应用的重要工艺手段。水平井技术通过在垂直井孔中钻探一定长度的水平井段，以增加井底穿透油层的面积，提高单井产能和采收率。水平井的应用可以

有效减少地层流体的阻力，改善油水流动规律，提高采油效率[2]。多级压裂技术则是通过在水平井段上进行多次压裂操作，将压裂剂注入到多个压裂段中，以增加油藏与井壁的接触面积，提高有效采收率。多级压裂技术能够有效地改善油气储层的渗透率和孔隙度，增强油藏的产能，提高开采效率。水平井与多级压裂技术的应用可以有效克服高压低渗油藏中存在的开发难题，提高采收率，降低成本，增强油藏的经济效益。因此，在高压低渗油藏的开发中，合理应用水平井和多级压裂技术具有重要的意义。

3.1.2 改进的压裂液体系设计

改进的压裂液体系设计主要包括压裂液的组成、性质和性能的优化。针对高压低渗油藏的特点，设计出的压裂液应具有高渗透能力、低污染性、良好的流变性能和稳定性。常用的改进包括添加纳米材料增强液体的渗透能力，优化化学组分减少环境污染，调整液体黏度和流变性以适应不同地层条件。改进的压裂液体系设计能够提高油藏的开采效率和产能，降低开发成本，是高压低渗油藏开发中不可或缺的关键技术之一。

3.2 有效驱油方法

3.2.1 CO_2 注入技术优化

CO_2 注入技术优化是针对高压低渗油藏开发的重要技术之一。通过优化 CO_2 注入的工艺参数和操作策略，可以提高 CO_2 的利用效率，增加油藏的驱替率和采收率。优化包括 CO_2 的注入速率、注入量、注入压力等参数的选择，以及注入过程中的监测和调控措施。此外，结合地层特征和油藏条件，采用合适的 CO_2 的溶解助剂或增溶剂，可以提高 CO_2 的溶解度和驱替效果。通过 CO_2 注入技术的优化，不仅可以提高油田的开采效率，还可以实现二氧化碳的地下封存，达到环保和减排的目的。

3.2.2 聚合物驱油技术研究

该技术通过注入聚合物溶液到油藏中，改善油水界面性质，减小油相与水相之间的相互作用力，从而降低油相在孔隙中的粘附和保持，提高原油的流动性，增加采收率。研究聚合物驱油技术涉及聚合物的种类选择、浓度、分子量以及注入条件等方面。优化的聚合物驱油技术可以根据不同的油藏特征和地质条件进行设计，以实现最佳的驱油效果。此外，聚合物驱油技术还具有环保和经济效益的优点，能够有效地提高油田的开发效率，减少开采成本。因此，聚合物驱油技术的研究对于提高高压低渗油藏的采收率和经济效益具有重要意义。

3.2.3 微生物驱油技术应用

微生物驱油技术是一种新兴的油藏增油方法，在高压低渗油藏开发中具有潜在的应用前景。该技术通过注入特定的微生物菌种到油藏中，利用微生物代谢产生的酸、胶体和气体等物质改善油水界面性质，降低油相与孔隙壁的粘附，促进原油的流动，提高采收率。微生物驱油技术具有环保、无污染、操作简便等优点，同时能够适应多种地质和油藏条件。通过进一步研究微生物的筛选、培养、应用方法以及适用范围的拓展，可以推动微生物驱油技术的发展和应用，为高压低渗油藏的增油提供一种新的可持续发展的解决方案。

3.3 油藏压力维持与调控

3.3.1 水驱开发中的油藏压力管理

在水驱开发中，有效的油藏压力管理至关重要。油藏压力是维持水驱动力和促进原油向井口流动的关键因素。合理管理油藏压力可以最大限度地提高采收率、减缓油藏衰竭速度，并确保开采过程的安全和经济性。首先，通过实施适当的注水量和注水压力控制，可以维持油藏压力在适当范围内，保持足够的驱替压力，促进原油向井口移动。其次，密切监测油藏压力变化，及时调整注水策略，避免压力过高或过低造成的油藏损伤或开采效率降低。此外，采用合适的地层封堵技术，如注入适量的聚合物或其他填隙剂，可以有效地控制水驱过程中的压力分布，避免产生不均匀的水驱前沿。综上所述，水驱开发中的油藏压力管理需要结合油藏特征和水驱开发阶段的实际情况，采取合适的控制措施，以确保油藏压力的稳定和合理调控，从而实现高效、安全和持续的油田开发。

3.3.2 压裂压力调控技术

压裂压力调控技术是一种用于控制油藏压裂过程中压力分布的关键技术。通过合理调节压裂液的注入速率、注入压力和注入量等参数，以及选择适当的压裂液体系，可以实现对油藏压裂过程中压力的精确控制。这有助于避免过高的压力导致地层破裂过度或者造成压裂液逸散，同时也可以防止过低的压力导致压裂效果不佳。压裂压力调控技术还可以根据地层特征和油藏条件进行优化设计，以确保压裂液在地层中均匀分布，最大程度地提高油藏的产能和采收率。因此，压裂压力调控技术在高压低渗油藏的开发中具有重要作用，是保障压裂效果和提高开采效率的关键之一。

4 经济效益评估

4.1 经济评价指标体系构建

经济评价指标体系的构建对于评估高压低渗油藏开发的经济效益至关重要。其核心是建立一个综合、科学的评价体系，以全面反映项目的投资回报、成本效益和经济可持续性。首先，需要确定一些基本的经济评价指标，如投资回收期、净现值、内部收益率等，以便评估项目的盈利能力和投资风险。其次，应考虑到油价、产量、成本等因素的变化对项目经济效益的影响，建立灵活的敏感性分析模型，从而更好地应对市场波动和不确定性风险。同时，还应考虑到环境、社会等非经济因素的影响，建立综合评价指标，如社会成本、环境影响评估等，以确保项目的可持续性发展。最后，经济评价指标体系的构建还需要考虑到实际操作的可行性和实施的便利性，以确保评价结果的准确性和可靠性。因此，经济评价指标体系的构建需要综合考虑项目的特点、环境条件和利益相关者的需求，以达到科学、客观和全面评估高压低渗油藏开发的经济效益的目的。

4.2 投资成本评估

投资成本评估旨在确定项目实施过程中所需的资金投入，并综合考虑各种直接和间接成本因素。投资成本评估包括开发阶段的直接成本，如地质勘探、钻井、设备采购、工程建设等费用，以及运营阶段的间接成本，如人员工资、维护费用、管理费用等支出。其次，需要考虑到资本成本，包括资金占用成本和融资成本，以及通货膨胀和汇率波动等因素对投资成本的影响。在评估过程中，还应考虑到风险因素对投资成本的影响，如地质条件不确定性、技术风险、市场波动等，以及应对风险所需的额外投资。此外，还需要考虑到项目的周期性和长期性，以及对未来收益的现金流折现，以综合评估项目的投资价值和回报率。综上所述，投资成本评估需要综合考虑各种直接和间接成本因素，以及风险和时间价值等因素，从而确保项目投资决策的科学性和可靠性。

4.3 收益效益评估

收益效益评估涉及到项目的收益来源，包括原油产量、销售价格、销售收入等。其次，需要考虑到开发阶段的成本支出，如生产成本、运营成本、维护成本等，以及间接成本，如管理费用、税费等支出。继而，应综合考虑项目的盈利能力，采用财务指标如净现值、内部收益率等进行评估，以判断项目的经济可行性和投资回报率。同时，市场风险、技术风险、环境风险等因素对收益的影响也很大，以及采取相应措施进行风险管理。此外，应注意对未来收益的现金流进行折现，以反映时间价值和不确定性因素。

4.4 案例分析与讨论

在某油田的水驱开发中，引入了水平井和多级压裂技术，以增加油藏有效接触面积和提高产能。通过实地调研和数据分析发现，水平井和多级压裂技术的应用使得油藏的采收率显著提高，产量持续增长，成本效益得到明显改善。然而，同时也出现了一些挑战，比如压裂液回收与处理、水平井段的剩余油藏开采等问题，需要进一步优化和解决。在经济效益评估方面，以该油田为例，通过建立综合的评价指标体系，综合考虑了投资成本、收益效益、环境影响等因素，进行了全面的经济评估。结果显示，优化的开发工艺和策略不仅提高了油田的产能和采收率，还带来了可观的经济收益，并且对环境影响进行了有效控制。通过对该案例的分析和讨论，可以深入了解不同工艺和策略在实际应用中的效果和问题，为其他类似油田的开发提供经验和借鉴，同时也为优化配套工艺和经济效益评估提供了实践指导。

5 结论与展望

经过对高压低渗油藏配套工艺优化与经济效益评估的研究与分析，可以得出以下结论：①优化配套工艺可以有效提高高压低渗油藏的采收率和产能，降低开发成本，提高经济效益；②经济效益评估是评估项目可行性和投资回报的关键，需要综合考虑投资成本、收益效益、环境影响等因素，以科学的方法评估项目的经济可行性。此外，案例分析与讨论可以为优化配套工艺和经济效益评估提供实践经验和借鉴，为油田开发提供科学依据。展望未来，随着技术的不断进步和研究的深入，高压低渗油藏的开发将更加高效、环保、可持续。未来的研究方向包括进一步提高油藏开发技术水平，探索新型工艺和技术，降低开发成本，提高油田的产能和采收率，同时注重环境保护和社会效益，实现油田开发的可持续发展。

参考文献：

[1] 刘艳涛，邢川衡，汪全林，等．异常高压低渗油藏注水开发实践与认识——以 BZ25-1 油田沙二段为例 [J]. 化工管理 ,2019(21):196-198.

[2] 郝振宪，李石权，卢旭宁．高压低渗油藏提高水驱动用程度技术研究及应用 [J]. 辽宁化工 ,2016,45(06):782-784.