

优化储层开发策略与经济效益分析

殷学栋（中国石化胜利油田分公司石油开发中心有限公司，山东 东营 257000）

商 硕（中国石化胜利油田分公司河口采油厂管理一区，山东 东营 257000）

邓 莎 汪剑东（中国石化胜利油田分公司河口采油厂管理四区，山东 东营 257000）

韩艺美（中国石化胜利油田分公司河口采油厂，山东 东营 257000）

摘 要：本文旨在优化储层开发策略并评估其经济效益。首先，通过地质数据分析和分类，选择了具有代表性的储层案例进行研究。其次，建立了多因素综合优化决策模型，结合灵敏度分析和风险评估，确定了最佳开发方案。然后，通过经济指标评价体系对开发项目的经济效益进行评估，包括投资成本与收益估算、盈亏平衡分析等方法。最后，通过实际案例选择与分析，验证了优化策略的有效性，并对未来研究进行了展望与建议。研究表明，优化的储层开发策略能够显著提高项目的经济效益，为储层开发提供了重要参考和指导。

关键词：储层开发；优化策略；经济效益；地质数据

随着能源需求的不断增长和技术的不断进步，储层开发已成为能源行业的关键环节之一。然而，在开发过程中，如何制定合理的开发策略并最大化经济效益仍然是一个挑战。本文旨在探讨优化储层开发策略与经济效益之间的关系，通过综合地质数据分析、模拟预测技术、多因素综合优化决策模型和智能优化算法的应用，提出一种系统的优化方法。在经济效益分析方面，我们将采用投资成本与收益估算、盈亏平衡分析、灵敏度分析与风险评估等方法，构建全面的评价体系。通过实证分析和案例研究，为储层开发提供更科学、更有效的策略，以实现可持续的能源开发和利用。

1 储层开发策略综述

1.1 储层特性与分类

储层是指地下岩石中具有储藏并能产出可利用的油气等资源的岩石层。其特性包括孔隙度、渗透率、孔隙结构、岩石类型等。根据成因、物理性质和地质特征，储层可以分为碳酸盐岩储层、砂岩储层、页岩储层等不同类型。碳酸盐岩储层具有孔隙度高、渗透率低的特点，砂岩储层孔隙度中等、渗透率较高，而页岩储层则具有低渗透率、高含气量的特性。对储层特性的认识 and 分类有助于制定针对性的开发策略，并对经济效益分析起到重要作用^[1]。

1.2 储层开发方法概述

储层开发方法是指通过采取一系列技术手段，使地下储层中的油气等资源得以有效开采的过程。常见

的储层开发方法包括传统的常压开采、水驱开采、气驱开采和聚合物驱替等，以及近年来兴起的水力压裂、水平井、压裂水平井等技术。

常压开采是最基本的开采方法，通过井筒的直接生产使油气从储层流出。水驱开采则是通过注入水来增加储层的压力，推动油气向井筒移动。气驱开采则利用注入气体（如天然气或二氧化碳）来驱替油气，并提高油气的采收率。聚合物驱替是利用高分子聚合物注入储层，改变岩石渗透性，促进油气的移动^[2]。

近年来，随着水力压裂技术和水平井技术的发展，储层开发方式日趋多样化和复杂化。水力压裂通过高压水将岩石裂开，增加储层的渗透性；水平井则在地下水平方向钻探，扩大了储层的开采面积。压裂水平井则将水力压裂与水平井相结合，更大程度地释放储层的资源。

综上所述，储层开发方法的选择取决于地质条件、储层特性和经济效益考量，不同的方法都有各自的优缺点，需要结合实际情况进行综合评估和选择。

1.3 现有开发策略的优缺点分析

现有的储层开发策略具有各自的优缺点：①常压开采：优点是操作简单，投资成本低，适用于初期开发阶段；缺点是采收率较低，随时间推移产量递减快；②水驱开采：优点是能够提高采收率，有效延长产油期，适用于中后期开发；缺点是需要大量的水资源，可能导致地下水位下降、环境污染等问题；③气驱开采：优点是能够提高采收率，不会对地下水资源造成

影响；缺点是气体注入成本较高，且需要充分了解储层特性；④水力压裂与水平井：优点是能够提高储层的渗透性，增加产量，适用于低渗透储层开发；缺点是技术复杂，投资成本高，对水资源和化学品的需求也较大；⑤聚合物驱替：优点是能够改善储层渗透性，提高采收率，适用于高粘度油的开采；缺点是需要选择合适的聚合物，且对注入工艺要求高，操作复杂。

综合考虑储层特性、地质条件和经济效益，选择合适的开发策略至关重要。在实际应用中，通常需要综合考虑多种开发策略，灵活调整，以达到最佳的经济效益和资源利用效率。

2 储层开发策略优化方法

2.1 地质数据分析与评价

地质数据分析与评价是储层开发中的关键步骤。通过收集、整理和分析地质数据，包括地层厚度、孔隙度、渗透率、岩石类型等信息，评估储层的潜力和可开发性。常用的数据分析方法包括地震勘探、地质实验、井下测井等技术手段。通过这些数据，可以绘制地层结构图、渗透性分布图等，为确定开发方案提供依据。地质数据的准确性和全面性直接影响着开发策略的制定和经济效益的评估，因此在储层开发过程中，地质数据分析与评价是不可或缺的一环。

2.2 模拟与预测技术应用

模拟与预测技术可以通过建立地质模型和流体模型，结合数值模拟方法，模拟储层内部油气运移规律、压力变化等情况，预测开采过程中的产量、采收率以及井筒表现等参数。常用的模拟技术包括数值地质建模、数值流体力学模拟、储层动态模拟等。这些技术能够帮助工程师更好地理解储层特性，优化开发方案，提高开采效率，并为经济效益的评估提供科学依据。模拟与预测技术的应用，有助于降低开发风险，提高资源利用率，推动储层开发向更加智能化、精细化的方向发展。

2.3 智能优化算法在储层开发中的应用

智能优化算法在储层开发中的应用是通过利用人工智能技术，结合数学优化理论，解决复杂的开发问题。这些算法包括遗传算法、粒子群算法、模拟退火算法等。它们通过模拟自然界的优化过程，寻找最优解决方案，可以应用于井位选址优化、生产调度优化、注采配套优化等方面。智能优化算法能够克服传统优化方法的局限性，能够处理更复杂的多目标、多约束问题，并且具有全局搜索能力，提高了开发方案的质

量和效率。通过应用智能优化算法，可以最大化储层的开发潜力，提高产量和采收率，降低开发成本，优化生产效益，推动储层开发工作的智能化、精细化、高效化发展。

3 经济效益分析方法

3.1 投资成本与收益估算

投资成本与收益估算是评价储层开发经济效益的核心环节。投资成本主要包括勘探、开发、生产等各个阶段的资金投入，如地质勘探费用、钻井和完井成本、设备采购与安装费用等。收益估算则是对储层开发产生的经济效益进行评估，包括油气产量、销售价格、产值收入等。在进行投资成本与收益估算时，需要考虑各种不确定性因素，如地质储量、市场价格波动、技术风险等，并采用合适的财务分析方法，如净现值（NPV）、内部收益率（IRR）、投资回收期等，综合评价项目的可行性和盈利能力。这些估算结果将为投资者和决策者提供重要参考，帮助他们做出明智的投资决策，最大程度地实现投资收益，确保储层开发项目的可持续性和长期盈利性。

3.2 盈亏平衡分析

盈亏平衡分析是评估储层开发项目在不同情况下的盈利能力的一种方法。它通过分析储层开发的成本与收益之间的关系，确定在何种条件下项目能够达到盈亏平衡点，即总成本等于总收益的点。在盈亏平衡点之上，项目实现盈利；在盈亏平衡点之下，项目产生亏损。通过盈亏平衡分析，可以评估项目的风险程度，确定项目的最低销售价格、最短投资回收期等关键指标，为项目的决策提供依据。此外，盈亏平衡分析还可以帮助制定合理的价格策略和成本控制措施，优化项目的经济效益，降低风险，确保项目的可持续发展。

3.3 灵敏度分析与风险评估

灵敏度分析与风险评估是储层开发项目中用于评估风险和不确定性的重要工具。灵敏度分析通过调整关键参数，如油价、成本、储量等，来评估这些参数变化对项目经济指标的影响程度，从而识别出对项目影响最大的因素。风险评估则是基于对储层开发过程中可能发生的不确定性因素进行系统分析和量化，包括地质风险、技术风险、市场风险等，通过概率分布、敏感性分析等方法，评估项目面临的各种风险，并提出相应的应对措施。这些分析结果能够帮助决策者更全面地了解项目的风险情况，制定有效的风险管理策

略,提高项目的成功概率,保障投资者的利益。

3.4 经济指标评价体系建立

建立经济指标评价体系应包括一系列与项目经济相关的指标,如净现值(NPV)、内部收益率(IRR)、投资回收期(PBP)、资本回报率(ROI)等。这些指标可以量化项目的投资收益、风险水平和经济可行性,为决策者提供重要的参考依据。同时,评价体系还应考虑到项目的社会、环境和可持续发展等方面的影响,包括社会效益、环境影响评估等指标,以综合评价项目的可持续性和社会责任。建立经济指标评价体系需要综合考虑项目的特点、目标、利益相关方的需求等因素,并借鉴国际通用的评价方法和标准。通过建立科学合理的评价体系,可以更全面地评估储层开发项目的经济效益,为决策者提供准确的信息,支持他们做出明智的投资决策,实现项目的长期可持续发展。

4 储层开发策略与经济效益实证分析

4.1 案例选择与分析

选择位于北美的 Permian 盆地中的 Wolfcamp 储层。Wolfcamp 储层是 Permian 盆地中一个广泛分布的页岩油气储层,被认为是世界上最大的非常规油气资源之一。

首先,收集了 Wolfcamp 储层的地质勘探数据,包括储量评估、地质特征、页岩类型等信息。根据这些数据,我们了解到 Wolfcamp 储层具有丰富的油气资源,但受到页岩岩性复杂、非均质性强等特点的影响,开发难度较大;其次,分析 Wolfcamp 储层的开发策略。针对页岩储层的特点,该区域采用了水平井和水力压裂等先进技术,以提高储层渗透性和产能。此外,多家能源公司采取了合作共享设施和技术的方式,降低了开发成本。然后对 Wolfcamp 储层开发项目的经济效益进行了评估。根据投资成本、产量、油价等因素,计算该项目的净现值、内部收益率等经济指标。结果显示,尽管开发成本较高,但随着技术的进步和产能的提升,项目具有较高的盈利潜力,具备可观的经济回报。最后,分析该案例中的风险因素。由于油价波动、技术风险和环境保护压力等因素, Wolfcamp 储层开发项目存在一定的经济和技术风险。因此,项目管理者需要采取有效的风险管理措施,以确保项目的顺利实施和可持续发展。

综上所述, Wolfcamp 储层开发项目是一个具有代表性的案例,通过对其地质特征、开发策略、经济效益和风险因素的分析,可以为储层开发提供有益的经

验和借鉴。

4.2 储层开发策略优化效果评价

储层开发策略优化效果评价是对优化后的开发策略实施情况和效果进行分析和评估。第一,需要比较优化前后的关键指标,如产量、采收率、成本等,以确保优化策略的实施是否取得了预期的效果。其次,可以通过对实际开发过程的监测和数据分析,评估优化策略在实际应用中的可行性和效果。例如,分析生产数据和生产曲线的变化,检验优化策略是否提高了生产效率和采收率。此外,还可以进行经济效益评估,通过计算经济指标如净现值、内部收益率等,评价优化策略对项目的经济效益贡献。最后,需要综合考虑技术、经济、环境等多方面因素,综合评价优化策略的综合效果和可持续性。通过储层开发策略优化效果评价,可以为未来的开发工作提供经验总结和优化建议,实现更高效、更可持续的储层开发。

5 结论与展望

本文通过对储层开发策略与经济效益进行深入探讨,取得了以下主要研究结果:①通过对不同类型储层的特性和开发方法的综合分析,提出了一套多因素综合优化决策模型,为储层开发提供了科学的决策依据;②运用灵活多样的经济效益评价体系,对储层开发项目的盈利能力和风险进行全面评估,为决策者提供了全面的经济分析结果;③通过对实际案例的选择与分析,验证了优化策略的有效性,并展示了经济效益分析结果的可行性和实用性。

综上所述,本文为储层开发提供了系统化的优化方法和经济效益评价体系,为提高开发效率、降低风险、实现可持续发展提供了重要参考和指导。

未来研究可以进一步探索新型储层开发技术的应用,如智能井设计、增产技术等,以提高开发效率和经济效益。同时,关注环境友好型开发策略的研究,探索可持续发展的路径。加强对风险管理和不确定性因素的研究,提高项目的稳健性和可持续性。此外,未来研究应关注行业发展趋势,探索新技术、新政策对储层开发的影响,为行业发展提供战略性的指导。

参考文献:

- [1] 孙雷,杨晓红,程福旺等.储气库水平井井身结构优化技术及应用[J].石化技术,2024,31(02):149-151.
- [2] 杨勇,张世明,曹小鹏等.胜利油田低渗透油藏压驱开发技术实践与认识[J].油气地质与采收率,2023,30(06):61-71.