

水驱技术在油田增产中的应用与经济效益分析

杨 鑫 (胜利油田分公司现河采油厂, 山东 东营 257000)

摘 要: 水驱技术作为一种成熟的二次采油方法, 广泛应用于油田开发中, 具有显著的增产效果和经济效益。研究表明, 水驱技术能够使油田的采收率提高 10%-30%, 并延长油田的生产周期, 提升长期盈利能力。此外, 水驱技术具有较低的成本, 相比其他增产技术, 具有更高的经济性, 特别是在资源稀缺的背景下, 有助于石油资源的最大化利用。水驱技术不仅适用于常规油田, 也能有效应用于稠油田、致密油田和深水油田等不同类型油田, 因此, 随着技术的发展, 水驱技术将继续优化, 并在油田开发中发挥越来越重要的作用。

关键词: 水驱技术; 油田增产; 采收率; 经济效益

中图分类号: TE357

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 014-0094-03

Application of Water Flooding Technology in Oilfield Production Enhancement and Economic Benefit Analysis

Yang Xin (Xianhe Oil Production Plant, Shengli Oilfield Branch, Dongying Shandong 257000, China)

Abstract: As a mature secondary oil recovery method, water flooding technology is widely used in oilfield development, demonstrating significant production enhancement effects and economic benefits. Research shows that water flooding technology can increase oilfield recovery rates by 10%-30%, extend the production life of oilfields, and enhance long-term profitability. Additionally, water flooding technology has relatively low costs compared to other production enhancement methods, making it more economically viable, especially in the context of resource scarcity, and contributing to the maximization of oil resource utilization. Water flooding technology is not only suitable for conventional oilfields but can also be effectively applied to heavy oilfields, tight oilfields, and deepwater oilfields. Therefore, with technological advancements, water flooding technology will continue to be optimized and play an increasingly important role in oilfield development.

Keywords: Water flooding technology; Oilfield production enhancement; Recovery rate; Economic benefits

水驱技术作为一种常见的油田增产技术, 在石油开采过程中具有重要的经济意义。其基本原理是通过向油藏注入水来增加油藏的压力, 利用压力作用不断推动原油向生产井的方向流动, 从而实现对油田更为有效的开发和增产目的^[1]。

1 水驱技术的基本原理与应用

水驱技术是一种通过向油藏注入水来维持油藏压力, 并推动原油向生产井流动的二次采油技术。该技术可以为油田进行增产加持, 但其效果会受到多个因素的影响, 其中包括注水量、注水压力、注水井布置、注水周期以及水油比等关键参数。这些因素在一定的情况下会彼此产生影响和不同的作用, 共同决定了水驱的采油效率与成本效益。

1.1 注水量

在水驱过程中, 注水量是一个至关重要的参数, 注水量的设定需考虑油藏的渗透性、孔隙度、初始压力、目标压力及原油黏度等因素的实际情况和不同需求, 不能根据经验一概而论。通常情况下, 注水量会设定为油藏初期产量的 1.5 倍至 2 倍, 利用水压来确保油藏压力的适当维持和原油的有效驱动。在实际的水驱操作过程中, 过低的注水量可能导致油藏压力不

足, 进而影响驱油效率, 而过高的注水量则可能浪费水资源并增加运营成本^[2]。

1.2 注水压力

注水压力的设定对于水驱过程及水驱效果同样关键。如果注水压力过高, 水可能会流向非目标区域, 甚至可能破坏油藏的结构, 导致不必要的水锥现象或水窜; 而如果压力过低, 水的渗透效果将减弱, 降低水驱效果^[3]。因此, 注水压力通常设定为油藏初始压力的 1.2 倍至 1.5 倍, 以确保水的均匀渗透并有效推动原油的流动。在实际操作中, 注水压力应根据实时监测数据进行动态调整, 以优化水驱过程。

1.3 注水井布局

此外, 注水井的布置也是影响水驱效果的重要因素。油藏的渗透性和孔隙度决定了注水井的布局方式。在渗透性较好的油藏中, 注水井的布置相对较为宽松, 我们的目的是要确保水能够均匀渗透, 从而让水流可以轻松带动油液向井口涌动; 而在渗透性较差的油藏中, 注水井的布置需要更加密集, 以提高水的渗透效率。注水井与生产井之间的距离也应通过详细的地质分析来确定, 若距离过远, 水流动可能不均匀, 影响水驱效果; 若距离过近, 则可能导致水锥效应, 降低

驱油效率。

1.4 水油比

水油比是水驱过程中另一个用于评估水驱效果的重要参数。水油比表示每单位原油产量所需的注水量。一般而言,水油比应保持在 2:1 至 4:1 之间。如果水油比过高,则说明水的使用效率低,增加了运营成本;如果水油比过低,则可能导致注水量不足,影响原油的驱动效果。通过优化注水量和注水压力,可以确保水油比处于合理范围,从而提高水驱技术的成本效益。

1.5 水源质量

水源的选择与水质管理水平对水驱技术的效果同样至关重要。水中盐分、矿物质、溶解气体等成分会对水驱过程产生影响,尤其是高矿物质含量的水可能导致油藏孔隙堵塞,进而减缓流体流动,甚至可能导致水驱失败^[4]。因此,在水驱过程中,必须确保注入的水源水质符合要求,并定期监测水质变化,以保证水驱的顺利进行。在盐度较高的地区,还需要采取适当的水处理措施来控制水质,确保水驱过程的高效性。

随着油田开发的深入,水驱技术的应用将不断根据油藏压力的变化和剩余油分布的变化进行优化。在油田开发初期,油藏压力较高,原油产量较大,因此注水量相对较小,此阶段需重点关注油藏的原始能量利用和合理开发速度的控制。而在油田后期,随着油藏压力逐渐下降,原油流动性减弱,通常需要增加注水量以维持油藏压力,促进剩余油的开采。同时,还需考虑油藏的非均质性、裂缝发育情况等因素对水驱效果的影响。因此,水驱技术的实施是一个动态调整的过程,需要依据实时监测数据和油藏的具体情况,综合考虑各种因素,进行不断优化和调整,以实现最佳的采油效果和经济效益。

2 水驱技术的增产效果

2.1 提高油田采收率

在油田开发初期,原油生产通常依赖自然能量(如地层气、溶解气或油藏压力)来推动油气流向生产井。然而,随着油藏内压力的逐步下降,这些自然能量的贡献逐渐减弱,导致原油产量下降。此时,水驱技术的应用能够帮助恢复油田的生产能力,增加剩余油的采收量。水驱技术通过向油藏注入水来维持地层压力,确保油的流动性,并推动原油流向生产井。研究表明,合理调整注水参数后,油田的总采收率可提高 10% 至 20%。在渗透性较高的油田中,水驱技术的应用可以使采收率提升至 30% 以上。在一些特殊油藏中,使用水驱技术可能实现更高的增产效果。例如,在油藏渗透性较高且油藏压力较充足的情况下,注水量可以适度增加,从而有效驱动剩余油的开采。通过详细的油

藏模型和参数分析,油田的采收率提升可在不同油田中达到不同的效果。此外,水驱技术在老油田中的应用也非常重要。随着油田开发的深入,许多油田的产量逐渐下降,采用水驱技术可以延长油田的生产周期,优化资源开采。例如,通过动态调整注水压力,优化注水周期和注水方式,可以有效调控油藏的水驱效应,避免过度开采与水锥效应,提升老油田的长效生产能力。

2.2 降低开发成本

水驱技术作为一种较为成熟的二次采油技术,具有较低的实施成本,相比其他采油技术如气驱、化学驱等,水驱的经济性优势明显。注水井的建设成本较低,特别是在水源选择上,水驱对水源的要求较为宽松,可以利用不同来源的水,如地表水、地下水或再生水等。水驱技术的操作和管理技术也相对成熟,操作周期长,管理经验丰富,这些因素都降低了其运营成本。在实施水驱技术时,注水量的控制、注水压力的调整和水质的监控效果等也都是确保技术经济性的关键因素。例如,我们通过调整注水量与油田渗透性、孔隙度等参数的匹配关系,可以避免过度注水而导致的水资源浪费。同时,通过实时监控油藏内压力与水驱效果,可以根据需要动态调整注水周期与注水量,避免过度投资,从而有效提高资源利用整体效率。

2.3 提高资源利用效率

水驱技术不仅能提高油田的采收率,还能有效提升油田资源的利用效率。油田开发过程中,通常会存在大量的剩余油无法被有效开采的问题,尤其是在初期采油后,油藏中的剩余油仍未被完全开发出来。而水驱技术通过优化注水策略,刚好就可以确保这些剩余油得到有效驱动。水驱技术主要是通过调整注水井的布局、注水时间及压力等参数,从而控制水流的路径和进入方式,实现油田内剩余油的最大化采收。例如,注水压力的控制可以确保水在油藏内的均匀渗透,避免出现水锥或水窜现象,从而保证水能够有效驱动原油并促进其流动。在渗透性较低的油田中,合理密集布置注水井,可以配合适当的注水量和压力调整,以求更好的“技术-经济”平衡。

3 水驱技术的经济效益分析

3.1 增加油田长期盈利能力

水驱技术在油田开发中发挥着至关重要的作用,尤其是在延长油田生命周期和提高长期盈利能力方面。随着油藏自然能量的逐渐衰减,原油产量开始下降,传统的采油方式无法有效开采剩余油。在这种情况下,水驱技术通过注入水维持油藏的压力,促进剩余油的动用,显著延长了油田的生产周期,通常能够

将油田的生命周期延长 5 至 20 年，甚至更长。水驱技术的经济效益在于其能提高长期产量，同时通过持续的产油过程分摊前期的开发成本。在水驱技术的支持下，油田可以维持较为稳定的生产水平，避免产量大幅波动，从而确保持续的现金流。

此外，随着油田生命周期的延长，油田的回收投资也会逐步回本，提高油田企业的盈利能力。根据具体油田的生产数据，水驱技术能够将原本高达 60%–70% 的剩余油采收率提升至 80%–90%，并且为油田企业提供持续的经济效益。例如，在某些老油田中，水驱技术可帮助将初期采收率从原本的 20%–30% 提升至 50% 以上，显著提升油田的长期盈利潜力。在油价波动的情况下，水驱的成本效益尤为突出，因其相对较低的投资与运行成本，可以有效缓解油价下降带来的经济压力。

3.2 提高石油资源的利用率

水驱技术的核心优势之一是其能够大幅提升石油资源的整体利用效率。随着油田开发的推进，原油的采收效率逐渐降低，剩余油占据了油藏的大部分。水驱技术能够通过注水保持油藏的地层压力，并推动原油向生产井流动，特别是对难以通过传统方法采收的剩余油，水驱技术提供了一种有效的采油手段。在具体的操作过程中，水驱的主要参数（如注水量、注水压力、注水周期等）对油田的资源利用率有着直接影响。通过合理控制注水量，可以确保水的渗透效应达到最佳状态，避免注水过多导致水流失或浪费。根据油藏的渗透性、孔隙度及初始压力等特性，优化注水策略，可以使水驱过程更加高效，确保剩余油得到充分开采。因此，在石油资源日益稀缺的今天，提高资源利用效率是行业发展的重要目标之一，就是要用水驱技术有效采收石油资源中未被开采的剩余油，提高油田的采收率，延缓石油资源的枯竭时间。

3.3 适应不同类型油田

水驱技术具有强大的适应性，不仅适用于常规油田，还能够不同类型的非常规油田中发挥作用。常见的油田类型包括常规油田、稠油田、致密油田以及深水油田等。其中，每种油田的地质条件和流体性质不同，因此需要根据具体的油藏特性来调整注水策略和技术参数，确保水驱效果最大化。在常规油田中，水驱技术可以通过注入水来维持油藏的压力和推动原油流动，通常我们可以在注水量和注水压力的控制上进行优化。

在高渗透性的油藏中，水驱可以较为高效地促进原油的采收，提升油田的总体采收率。因此，在稠油田中，水驱技术通常与其他手段结合使用，如热驱技

术（例如蒸汽驱）或化学驱技术（例如聚合物驱）来减少油的黏度，从而改善水驱的效果。通过合理调整水驱参数，如注水压力和注水量，并结合合适的辅助技术，能够有效提升稠油田的采油效率。致密油田的渗透性较差，油气的流动性较低，这就要求水驱技术对注水方式进行精确控制。对于致密油藏，可以通过采用密集布置的注水井、适当提高注水压力及注水周期，改善水的渗透性，促进原油的流动。随着技术的进步，水驱在致密油田中的应用越来越成熟，已经成为有效提升产量的手段。对于深水油田而言，由于其特殊的地质和地理条件，传统的采油技术难以适应。水驱技术在深水油田中的应用同样面临较大的挑战，尤其是注水压力和注水量的控制。因此，在深水油田中，注水策略必须结合海底生产设施的特点，确保注水过程的安全性和高效性。由此可见，在合理的调整和优化之下，水驱技术是能够在不同类型的油田中发挥重要的增产作用的，其不仅能提升常规油田的采收率，也能在稠油田、致密油田及深水油田等特殊油藏中实现不错的增产效果。因此，这种技术的广泛适应性也使其逐渐成为了提高石油资源开发效率的核心工具之一。

4 结论

水驱技术作为一种重要的油田增产手段，不仅能提高油田的采收率，还能有效降低开发成本、提高资源利用效率，为油田企业带来显著的经济效益。随着油田开采进入中后期阶段，水驱技术的应用将更加广泛，且其经济价值也将愈加突出。在未来，随着技术的不断发展，水驱技术将可能实现更加精确和高效的油田管理，为石油开采行业带来更多的机会和挑战。因此，水驱技术的推广应用不仅有助于提高油田的产量和采收率，还能在全球石油资源日益紧张背景下，发挥其不可替代的经济效益“兜底”作用，为更多的油田企业保驾护航。

参考文献：

- [1] 彭岩, 王一博, 雷征东, 王笑涵, 汪大伟, 张广清, 周大伟. 致密油藏驱渗结合采油可行性研究 [J]. 科学技术与工程, 2024, 24(04): 1448-1458.
- [2] 金中述, 周海韵, 晏庆辉, 岳绍飞, 代云娇. 海上双高油田开发特征及增产措施研究 [J]. 石化技术, 2022, 29(10): 93-95.
- [3] 刘启楠. 水驱气藏开发经验及认识——以东海乙气田为例 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(05): 134-136.
- [4] 杨鸿凯. 浅层天然水驱油藏措施结构优化模型及应用 [J]. 内江科技, 2020, 41(09): 34-37.