

高效注水技术在水驱开发中的应用及其经济效益分析

杨国良 苗 鑫 葛立武 吴昊洋 刘婉清

(中国石化胜利油田河口采油厂, 山东 东营 257200)

摘要: 本文旨在探索高效注水技术在水驱开发中的应用及其经济效益, 文中分析了水驱开发中注水技术的常见问题, 并针对问题, 本文阐述了高效注水技术在水驱开发中的应用过程, 根据应用过程本文认为高效注水技术的应用可以提高采油效率, 延长油田使用寿命、减少水资源浪费, 降低运营成本、优化资源配置, 提高投资回报率等。

关键词: 高效注水技术; 水驱开发; 高效注水技术应用; 经济效益

0 引言

在石油开采的过程中, 水驱开发技术对于提高采油率、延长油田生命周期具有重要的推动作用。水驱开发技术通常是需要利用水注入油藏, 通过水驱动油层中的原油, 达到提高原油产量的目的。这项技术目前已经在全球范围内得到广泛应用, 不仅帮助了许多油田提升了采油效率, 也为许多国家能源供应安全提供了重要保障。

然而, 在过往的实践中我们发现, 传统水驱开发方式由于注水方式不当、注水量控制不精准等操作, 往往容易导致油藏压力分布不均、注水效果差等一系列问题, 严重影响了开发效果和经济效益。因此, 如何提高注水技术的效率, 最大化地利用水驱开发潜力, 成为了当前油田开发过程中亟待解决的重要课题之一。

1 水驱开发中注水技术的常见问题分析

1.1 注水方式不当

水驱开发的核心就是利用水把油藏里的原油驱动出来, 但在实际操作中, 注水方式如果选择不当, 就会影响整个开发效果。许多油田在初期采用的注水方式并没有考虑到油藏的地质差异, 往往用一个统一的标准去注水, 这就容易导致某些地方注水过多, 有的地方则注水不足。尤其是在一些渗透性差的区域, 水可能根本就无法有效渗透, 甚至会在某些地方形成“水锥”, 把油水分开, 导致原油无法被充分开采。这样一来, 注水就成了浪费, 油田的采油效率自然就大打折扣。

1.2 注水量控制不精准

水驱技术中的一个重要环节就是注水量的控制, 可是很多时候, 由于缺乏对注水效果的实时监控, 技

术人员对于注水量的计算往往是粗略估算的, 没有精确的调整。传统做法中, 注水量的设定通常是根据某个标准来进行的, 这种情况会忽视了油藏的实际情况。不同井的地质环境不同, 注水量的需求也不一样, 尤其在油层渗透性不均匀的情况下, 如果依然按照统一标准注水, 往往会出现有的井水量过多, 导致浪费; 而有的井水量不足, 导致注水效果不佳。这样注水量的不精准, 不仅浪费了水资源, 还影响了整体的采油效果。

1.3 油藏压力分布不均

在水驱开发过程中, 油藏内的压力分布对开发效果具有重要的影响。如果注水方式不当或者注水量控制不好, 往往会导致油藏内部的压力分布不均。油藏的不同区域可能会受到不同程度的压力影响, 部分区域压力过高, 部分区域压力过低。压力失衡的结果就是一些区域的水流无法到达油层的深处, 而这就会造成水和油的流动路径不正确, 最终无法有效驱动油层中的原油。压力不均匀的问题, 也容易导致局部区域的油藏被“压溃”, 而这一部分原油就无法被开采出来, 造成了不可逆的损失。

1.4 地质复杂性导致的注水难度

油藏地质的复杂性也是影响水驱效果的重要因素。不同油田的地质条件差异大, 这些差异会对注水效果产生各种直接影响。油层的渗透性、孔隙度以及裂缝的分布都不相同, 这就会使得水驱开发技术在某些油田面临着巨大的应用挑战。某些油层中的裂缝结构可能导致水注入后的流动路径过于集中, 使得水无法均匀分布到整个油层; 而在一些低渗透性区域, 水又很难渗透到深层, 导致注水效果比较差。对于这些复杂的地质情况, 传统的注水技术往往无法灵活应对,

导致开发效果与期望水平存在较大差距。

2 高效注水技术在水驱开发中的应用过程

在水驱开发中，高效注水技术的应用，主要就是通过先进的设备和监控系统，对油田进行精细分析和实时调整，既要保证可以提高采油效率，又要做到避免资源浪费。因此，整个应用过程可以分为四个关键步骤：油田勘探、注水方案设计、动态调控和效果反馈，其中每个步骤都包含了大量的技术细节和操作要领。

2.1 油田地质评估与注水方案设计

在进行高效注水操作之前的第一步就是先对油田的地质情况进行详细评估，梳理清楚哪里油层比较好，哪里油层渗透性差，哪里有裂缝，哪里油气储量丰富。一般来说，油田的地质结构直接影响水驱效果，因此必须搞清楚油藏的渗透性、孔隙度和裂缝分布等情况。为此，技术人员需要利用地震勘探、钻井和压力测试等方法，对油田进行全面勘查，同时通过温度、压力、孔隙度、渗透性等传感器，实时记录井眼的数据，为后续的注水方案设计提供数据支持。例如，在渗透性差的地方，传统的注水技术可能效果不大，水进不去油层，油也难以被驱动出来。而高效注水技术可以通过加压注水等手段，帮助提升渗透性，让水能够深入到油层深处，从而改善水驱效果。

因此，在设计注水方案时，技术人员不仅要考虑单个井的情况，还要根据整个油田的动态数据来做综合分析。比如，在高渗透性区，技术人员可能会选择“分布式注水”，把水流均匀地分布到多个注水点，以保证水能够覆盖到更多的油层；而在低渗透性区，则可能需要通过“集中注水”方式，把水流集中在少数几个点，提高水流的效率和覆盖面。

2.2 精准注水量控制与智能调度

在高效注水技术中，另一个显著特点就是能够实现注水量的精准控制。传统的注水方法由于无法及时根据油藏的变化进行调整，往往需要依赖经验或者固定的标准，这就导致注水过程往往和油藏的实际情况脱节，变得不够灵活、精准，甚至造成资源浪费。比如，有时可能注水过量，水涌得太快，冲刷了油层；或者注水量不够，水无法有效驱动油层中的油。而高效注水技术则是可以通过智能注水系统，结合各种传感器的作用，根据实时数据自动调整注水量。

系统会不断监测井口的压力、温度、注水流量等数据，根据油藏的实际情况来决定每口井的注水量。

为了做到精准调控的生产目标，系统还会利用深度学

习和数据挖掘技术，通过对比历史数据和实时数据，自动优化注水策略。例如，系统可以根据不同井的注水效率和产油量，智能判断哪些井的注水量需要增加，哪些则需要减少，以实现最优的水驱效果。

2.3 注水过程中的实时监控与数据反馈

在高效注水技术中，另一个显著特点就是系统能够实现注水量进行精准控制。传统的注水方法由于无法及时根据油藏的变化进行调整，往往需要依赖经验或者固定的标准，这就可能导致注水过程往往和油藏的实际情况脱节，变得不够灵活、精准，甚至造成资源浪费。比如，有时可能注水过量，水涌得太快，冲刷了油层；或者注水量不够，水无法有效驱动油层中的油。而高效注水技术则是通过智能注水系统，结合各种传感器的作用，能够根据实时数据自动调整注水量。

系统会不断监测井口的压力、温度、注水流量等数据，根据油藏的实际情况来决定每口井的注水量。为了做到精准调控，系统还会利用深度学习和数据挖掘技术，通过对比历史数据和实时数据，自动优化注水策略。例如，系统可以根据不同井的注水效率和产油量，智能判断哪些井的注水量需要增加，哪些则需要减少，以实现最优的水驱效果。

此外，系统还能够根据油藏压力的变化及时调整注水量。如果某口井出现油水分离的现象，说明水可能在油层中流失过多，系统会自动调整注水速率，避免水过度冲刷油层，防止水锥现象的发生。而在一些特殊地质条件的区域，系统的注水量也会根据预设的增压机制进行动态调节，确保水能够有效渗透到油藏的深层，提高注水效果。

2.4 注水后的效果评估与优化

注水后的效果评估是高效注水技术不可或缺的环节之一，因为通过评估效果，技术人员可以有效进行相应的参数调整，来达成更好的注水效果。具体而言，技术人员需要不断对比注水前后的产油量，判断每个井的注水效果。如果某些井的产油量没有达到预期，技术人员就会分析注水的时间、注水量和油层压力等数据，找出问题所在并及时做出优化。例如，系统反馈某口井的压力异常，就说明此时的水驱效果差，技术人员就需要及时检查注水方式，观察是否存在过量注水或水分流失等问题。如果某些区域水驱效果不理想，技术人员可能就会调整注水点位置，或者重新规划整个区域的注水方案。

效果评估依靠的不仅仅是单口井的数据，而是要

综合整个油田的数据来进行深入分析。通过对油田压力分布、产油量、注水与采油比率等数据的分析，技术人员才可以实时优化注水策略，进一步提高油田的开发效率。

3 高效注水技术的经济效益分析

高效注水技术在水驱开发中的应用，不仅可以提升项目的采油效率，还可以带来显著的经济效益。通过精确控制注水量和优化注水方式，油田的采油率有了保证，资源利用效率也可以大大提升。

3.1 提高采油效率，延长油田使用寿命

高效注水技术的一个大优势就是能根据每个油田和井的具体情况，灵活调整注水量和方式，从而避免传统注水方法中经常出现的浪费和效率不高的问题。通过更精准的注水，油层可以更均匀地受到水的驱动，效果更好。

特别是在一些渗透性差、地质复杂的油田，传统的方法往往很难取得理想的效果，但高效注水技术通过实时调整，可以根据数据变化，确保注水精准，这样就可以有效避免油层被过度冲刷，减少了水锥现象的发生，最大化地提高采油率。简单来说，就是油田能够持续产油更长时间，延长了油田的使用寿命，从而提高了整体经济效益。

3.2 减少水资源浪费，降低运营成本

传统的水驱注水方法，注水量控制不精准，经常会有注水过多或不足的情况发生，而这样的情况不仅会浪费大量水资源，还会大幅增加油田运营的成本。而高效注水技术则通过智能控制系统，根据每口井的具体需求动态调整注水量，避免了水资源的浪费。精准控制水量，既可以有效减少水的消耗，也可以降低过量注水导致的设备损耗和水处理成本问题。随着注水效果的不断提升，油田整体运营成本也会得到相应的优化，企业的利润空间也会随之而扩大。

3.3 优化资源配置，提高投资回报率

高效注水技术实施后，油田开发资源配置会变得更加科学合理。结合实时监控和数据反馈的内容，技术人员就可以更为迅速地发现问题，及时调整相应的参数，避免无效区域继续浪费资源，转而把更多的资源集中到那些产油潜力大的井和区域，这样一举两得就可以更好的优化资源配置效率，提供资源的产出效益。

在合理配置水源和注水压力之下，油田不仅能保证整体的最大产量，还能避免不必要的支出。这种合

理的资源配置，不仅可以提高油田的整体效益，也可以为企业带来更高的投资回报率。

3.4 提升油田竞争力

在全球能源市场竞争日益激烈的今天，高效注水技术的应用可以让油田的采油效率更高，运营成本更低，从而在市场中占据有利位置。对于一些老、旧油田，我们通过高效注水技术，便有机会可以延缓油田的衰退，从而提高采油效率，增加油田的经济价值。尤其是在油价波动较大的时期，我们在高效注水技术的帮助下，也可以减少运营成本、提升效益，保持企业的稳定收益，帮助油田更好地应对市场变化，渡过难关，增强企业的市场竞争力。

4 结语

高效注水技术在水驱开发中的应用，不仅在技术层面上可以突破传统水驱方式的限制，在经济效益上更是可以为开发单位带来显著的价值提升。在注水过程中，精准的注水量控制和智能化的调度系统，可以帮助油田更高效地利用资源，最大化采油效果，减少水资源的浪费，并优化运营成本。与此同时，基于油藏地质的实时调整和优化，不仅可以延长油田的使用寿命，也从另一个角度提高了企业的投资回报率和市场竞争力，从而不断提升着企业的经济效益。

参考文献：

- [1] 高虎.压驱注水技术在低渗油藏高效开发中的应用[J].化学工程与装备,2024,(07):76-79.
- [2] 闫钰琦,张永飞,赵世君,高彦斌.鄂尔多斯盆地油田高效注水开发探索研究[J].化工管理,2020(35):197-198.
- [3] 宋辉辉,任从坤,任兆林,张福涛,田俊,刘艳霞.海上油田分层防砂分层注水高效集成技术[J].石油钻采工艺,2021,43(03):384-388.
- [4] 刘德生,李广月.油田节能降耗探索与实践[J].石油石化节能,2019,9(05):29-31+10.
- [5] 李海光.某低效油藏高效开采技术的研究[J].云南化工,2018,45(05):53.
- [6] 徐丽丽.周期注水技术在扶余油田的推广及应用[J].中国化工贸易,2020,012(029):148-149.
- [7] 白振国,姜雪岩,杨光耀,等.大庆油田水驱开发技术及其发展方向[J].大庆石油地质与开发,2024,43(4):25-33.
- [8] 王垚.注水技术在油田开发中的应用与优化策略[J].全面腐蚀控制,2024,38(9):73-75.