

高含水期断块油藏采油速度调控路径与经济效益分析

孔德岩 (胜利油田东辛采油厂地质研究所, 山东 东营 257000)

摘要: 为了提高高含水期断块油藏的开发效益和最终采收率, 本文针对高含水期断块油藏的特点和开采难题, 提出采油速度调控的核心应从“提液增产”转向“控水稳油”和“精准挖潜”, 具体路径上, 建议采用精细注采结构调整、推广不稳定注水与层间轮采等技术、应用低成本井筒技术, 并强化动态监测分析。结果表明, 这些针对性调控措施能够有效改善水驱效率, 控制含水上升速度, 并在较低投入下提升采油速度, 实现更为经济有效的油藏开发。

关键词: 高含水期; 断块油藏; 采油速度; 调控路径; 经济效益

中图分类号: TE3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 032-0046-03

Regulation Pathways and Economic Analysis of Oil Production Rate in High Water-Cut Fault-Block Reservoirs

Kong Deyan (Geological Research Institute, Dongxin Oil Production Plant, Shengli Oilfield, Dongying Shandong 257000, China)

Abstract: To enhance the development efficiency and ultimate recovery of high water-cut fault-block reservoirs, this study addresses their characteristics and extraction challenges. It proposes that the core of oil production rate regulation should shift from “increasing fluid production for higher output” to “controlling water and stabilizing oil” as well as “precise potential tapping.” Specific pathways include adopting fine-tuning of injection-production structures, promoting unstable water flooding and interlayer alternate production technologies, applying low-cost wellbore technologies, and strengthening dynamic monitoring and analysis. The results indicate that these targeted regulation measures can effectively improve water flooding efficiency, control the rate of water cut rise, and enhance oil production rates with relatively low investment, thereby achieving more economically efficient reservoir development.

Keywords: High water-cut period; Fault-block reservoir; Oil production rate; Regulation pathway; Economic benefit

我国东部主要的油田, 目前很多已经进入了开发中后期。在这种情况下, 高含水乃至特高含水期的断块油藏的可持续开发项目, 已经成为了目前很多油田企业稳产增效的重要攻克方向。这些油藏一般都是处在地质构造复杂地区, 其非均质性比较强^[1]。而且, 经过长期注水开发后, 这些油藏的综合含水率, 常常高达 90% 以上, 继续开采的难度非常大。所以, 在此阶段, 如何科学的调控采油速度, 避免产量出现急剧递减问题, 同时, 在经济效益考量之上, 对储量能进行有效动用, 就是各项目开发工作者此间必须直面和解决的技术难题。

1 高含水期断块油藏概述

高含水期的断块油藏, 一般来说是指综合含水率超过 80%, 同时采出程度也已经达到可采储量中相当比例的这样一类复杂油藏。这类油藏的复杂性可谓是极强的, 在构造、储层以及流体等多个方面有其独特的性状^[2]。

从构造上看, 它们往往是被许多断层切割开来的。这样一来, 油藏就会形成很多小断块。单个断块的含油面积会偏小, 形态也不甚规则, 加上断层的封隔作用往往比较明显, 所以各个断块之间, 甚至是同一个

断块的内部, 它们的压力系统和油水关系, 差异也都是非常大的。

而储层方面, 非均质性的问题会特别严重。纵向上看, 含油层系很多, 而层与层之间的渗透率差异也很大, 有的甚至可以达到几十倍、几百倍。这种情况下, 往往会导致注入水容易沿着高渗透层快速突进, 形成所谓的优势通道。而相反, 那些低渗透层里的原油, 就很难被有效驱替出来, 这就会直接造成储量动用不均衡的大问题。

2 高含水期断块油藏采油速度控制难点

2.1 自然递减加快与稳产难度增大

进入高含水期以后, 断块油藏产量的自然递减过程, 往往是会不断加快的。因为经过长期开采, 那些容易采的原油, 基本上都已经采出来了。所以地下的可动剩余油量, 本身就在变少, 而且分布也会非常零散, 那开采产量就会掉得很快。而原先的主力油层, 水淹情况大多已经很严重了, 所以有效的驱替作用, 其实是在减弱的。至于新动用的那些低渗透层或者非主力层, 它们的产能, 相对来说又偏低, 接替能力很明显是不够的。同时, 随着含水上升, 采液指数可能会有所增加, 但采油指数, 却会明显下降。这样一来,

要想维持一定的产油量, 往往就需要大幅度地去提高产液量。而这样做, 不仅会给地面的处理设施带来更大压力, 经济效益方面也会很困难。另外, 像井况损坏、注采井网不完善这些问题, 在高含水期也会更加凸显出来, 反过来又会进一步削弱油田稳产基础。所以, 如果没有一些有效的措施去干预, 那采油速度肯定是会不断下滑的, 而想要保持稳产, 难度也就会急剧增加^[3-5]。

2.2 含水上升率控制成为关键制约

到了高含水期, 想要维持一个合理的采油速度, 最为关键的, 其实是要合理控制好含水上升的速度。因为这个时候, 油藏内部, 基本上已经形成了固定的水流优势通道。注入水很容易就会沿着这些高渗透通道不断做循环, 成了无效或者低效的注水过程, 而对于那些真正还有比较多剩余油的低渗透区域, 驱替效果就会很差。要是继续采用强注强采这种比较粗放的开采方式, 那含水率肯定是会迅速上升的。这样一进出, 产油量反而会更加急剧下降, 经济效益自然也就跟着大幅缩减了。所以, 对采油速度的调控, 关键是必须要把速度和含水率做好控制。要想办法改变地下的液流方向, 把水驱波及的范围扩大, 抑制含水率过快上升, 才是真正能提高当前采油速度的一个核心制约因素。

2.3 层间与平面矛盾深刻影响开发效果

高含水期断块油藏的开采效果, 是会深受层间矛盾和平面矛盾影响的。层间矛盾, 指的是高渗层和低渗层之间, 在吸水能力和产出状况上, 非常大的差异性问题。在合采合注的条件下, 层与层之间的干扰就会很严重, 而那些低渗透层, 就很难被有效动用起来。那平面矛盾, 就主要是说注入水在平面上, 会沿着高渗带快速突进。

这会导致在纵向上, 水驱非常不均匀。所以, 剩余油在平面上的分布, 也会因此而有巨大差异。这些矛盾的存在, 势必会让整体采油速度的提升变得很困难。因此, 对采油速度进行调控, 就必须着眼于缓解层间和平面上的这些矛盾, 想办法让储量能够更均衡地被动起来。这样, 才有可能取得比较理想的开采效果。

3 高含水期断块油藏采油速度调控路径

3.1 精细注采结构调整与注采井网优化

对高含水期的断块油藏来说, 要想有效调控采油速度, 第一步往往是要把注采结构做各种精细调整, 把注采井网进一步优化好。这个工作的核心, 是要通过精细的油藏描述, 把剩余油的分布规律真正搞清楚, 然后才能有针对性地去调整注采关系。具体做起来,

一般是要先在注水井上推行分层注水, 要想办法把注水层段分得更细一些, 同时要对高水淹层的注水量做好严格把控。

反过来, 对那些吸水能力差、或者之前就没怎么动用的二、三类层, 则要适当加强注水强度。这样做, 可以直接从效果上改善层间动用不均的状况。而从平面上来看, 则可以通过油井转注、水井补孔, 或者调整不同方向注水强度这些方式, 改变地下流体的流动方向。这样的话, 注入水就能更多地流向剩余油相对富集的区域, 从而扩大水驱的波及范围。

另外, 对于那些井况损坏严重、注采关系很不完善的区域, 可以有选择地实施老井更新、侧钻或者大修等措施, 来恢复和重建注采井网。不过这类的调整, 一般不是一次两次就能调整到位的。这是一个需要不断跟进、动态优化的过程, 关键是要根据油水井的动态反应, 持续去做微调, 才能更好的靠近目标值, 为有效调控采油速度, 打下一个坚实的井网基础。

3.2 不稳定注水与层间轮采技术的应用

不稳定注水和层间轮采技术, 是目前用来挖掘高含水期分散剩余油、改善开发效果的两种比较常见的技术手段。不稳定注水, 有时候也会被叫做周期性注水或脉冲注水。它的原理, 其实并不复杂, 主要是通过有计划地改变注水量、调整注水方向, 甚至进行短时间停注, 人为地在油层中制造一些压力波动。这种压力波动, 是会打破原来稳定的压力场的。

这样一来, 就能促使流体在高、低渗透层之间, 甚至是同一层内部的高、低渗部位之间, 发生交叉流动。这样的话, 那些被毛细管力束缚在低渗透区的剩余油, 就会比较容易被驱替出来了, 那洗油效率自然也会跟着提高了。而层间轮采的技术, 更多的其实是用来解决合采井中层间矛盾突出的问题的。

具体做法的话, 一般是利用智能分采工艺或者换层开采的技术, 在某个时间段内, 集中开采某一个低含水的层位, 同时, 也让那些高含水的层位暂时“休息”一下, 等那些原来开采的层位含水上升了, 再换到另一个有潜力的层位继续开采, 继续这样循环进行下去。这种“轮休轮采”的模式, 本质上是相当于把多层合采, 变成了单层专采。这样的话, 就能最大程度地消除层间干扰, 让每一个小层, 都能在特定的时间段里, 充分发挥它的产油潜力。从整体效果上来看, 这样做既能提高采油速度, 又能合理控制含水上升, 效益还是很好的。

3.3 低成本井筒技术与调驱堵水措施的结合

到了高含水期, 经济效益往往就是做决策时一个比较关键的考量因素了, 因为不可能产出变低了, 还

用更费钱的技术,这是不符合经济原则的。所以,改用一些低成本的井筒技术,比如侧钻井、小套管井等,再结合调驱堵水措施,在经济效益考量上,就会比较贴合实际一些。这种方法里面,侧钻井的好处是,它可以利用本来老井的井场和上部井段,达到废物利用的效果,大幅降低钻井的成本。

目前实践来看,用侧钻井来挖掘构造边角、断层附近这些剩余油相对富集区的效果,通常还是不错的。这样做,还能顺势把注采井网的完善程度也再提高一些。调驱堵水方面,一般是当油水井之间有明显的大孔道窜流时,就要进行堵水调剖措施。

一般的做法,是向水井里注入像凝胶、颗粒这类的调驱剂,把高渗透的水窜通道给有效封堵住,逼着后续的注入水转向中低渗透层流动,扩大水驱的波及体积。所以,把这些低成本井筒技术和调驱堵水措施结合起来,往往是能以相对较低的投入,做到控水增油效果的,而这对于稳定和提高采油速度来说,也是有积极作用的。

3.4 强化动态监测与差异化调控策略

要实现采油速度的精准调控,其实最离不开的还是全面、持续的动态监测过程。因为没有准确的数据作为支撑,任何的调整其实都是比较盲目的。一般来说,需要加强的监测内容非常多。比如油水井的流量、压力、含水变化,注入水的吸水剖面,产液产油的产出剖面等等。根据这些动态监测的数据结果,开发团队才能更为深入的分析每一个井组、每一个小层,甚至是每一个流动单元的开发现状和潜力情况。如此,才能制定出更有针对性的差异化调控策略。比如,对于那些压力保持水平比较高的区域,可以适当降低注水强度,或者尝试进行不稳定注水,减小升水率。而对于那些能量明显不足的区域,则需要加强注水,或者补充其他形式的能量。至于那些已经确认的剩余油富集区域,就可以优先部署调整井或者措施井。这种“一藏一策”、“一层一法”,甚至是“一井一计”的差异化、精细化调控方式,才是实现高含水期断块油藏高效开发的必然要求。

4 调控路径的经济效益

4.1 提升储量动用效率与生产效率

有效的调控路径,可以显著提升储量动用程度和生产效率。通过像精细注采调整、不稳定注水这类技术,可以把那些原先没被水驱波及到,或者是动用程度很低的低渗透层和滞留区里的剩余油,给激活起来。这样一来,就能让这部分难采的储量,真正变成可以开采出来的原油。而且,有效的调控路径还可以大幅提升生产效率。比如,可以增加单井日产油量,还可

以有效控制含水率,从而让整个生产过程更加简洁直接一些。

4.2 降低无效循环与操作成本

在高含水期开发中,注入水的无效循环是一种巨大的浪费。而一些有针对性的调控路径,比如堵水调剖、改变液流方向等,确实是能够有效封堵大孔道,减少注入水在高渗透层里无效窜流的。这样的话,宝贵的注水能量,就能更多地用在剩余油的驱动上了。直接表现就是可以降低和水处理、水注入相关的操作成本,而且,也会大量减轻地面集输系统和污水处理装置的压力,间接也会把生产运行成本也给降下来。

4.3 优化投资延长油藏经济寿命

从整个开发生命周期来看,科学合理的调控路径,能够优化成本支出,并显著延长油藏经济开采寿命。比如,通过一系列精细挖潜的措施,是可以让那些处于高含水后期、本来快要接近废弃经济极限的油藏,重新恢复生机的。这种产量的稳定,甚至是增长,等于就是推迟了油藏最终废弃的时间,也增加了累积产油量,从而就提高了油田的最终采收率。这也就意味着,油田能在更长的时间里,持续产生现金流,资产的整体价值,自然也就提高了。

5 结语

高含水期断块油藏的采油速度调控,确实是一项比较复杂,但又至关重要的工作。在方法上,对这种油藏不能再靠过去那种粗放式的提液增产方式,而是需要转向更精细、更智能的策略。要想调控成功,最根本的,是要重新深入认识油藏的地质特征,要把剩余油的分布规律,搞清楚弄明白。再结合各种优化路径,才能有效缓解层间和平面矛盾,把水驱效率全面提上去。这样,才可能在控制含水上升的同时,让采油速度稳定下来,甚至有所提升,获得比较好的经济效益。

参考文献:

- [1] 关海洋. 复杂断块油藏滚动勘探开发技术研究 [J]. 石化技术, 2022, 29(04): 149-150.
- [2] 谷团. 断块油藏难采储量有效动用技术研究及实施效果 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(17): 167-168.
- [3] 阙青勇, 马水平. 高效开发小断块油藏稳产控制技术效果评价 [J]. 特种油气藏, 2014, 21(01): 110-112+156.
- [4] 王延章, 王瑞平. 高含水期油藏精细挖潜关键技术研究 [J]. 油气地质与采收率, 2023, 30(2): 118-124.
- [5] 刘德华, 陈晓明. 不稳定注水提高采收率机理及矿场实践 [J]. 石油勘探与开发, 2021, 48(4): 792-799.