

特高含水期水驱精细调整挖潜做法研究

张文斌

大庆油田有限责任公司第六采油厂地质研究所 黑龙江 大庆 163000

摘要: 特高含水期水驱精细调整挖潜做法研究聚焦于油田开采后期面临的严峻挑战。通过精细的油藏描述和储层内部结构分析,结合动态与静态测试数据,对在堵井前后的油层动用状况和剩余油分布进行深入研究。通过拔开堵层、调换堵层等方法,对堵井实施有效改造,实现了液量和油量的显著增加,含水率明显下降。此研究对提高油层动用程度、减缓水驱产量递减、控制水驱含水上升具有显著意义,为油田在特高含水期的稳产增产提供了重要技术支持。

关键词: 特高含水期;水驱精细调整;挖潜做法

引言: 随着油田开发的不断深入,特高含水期成为制约油田持续稳产增产的重大难题。该阶段,油田综合含水率超过90%,储层非均质性强,剩余油分布复杂,传统开发手段效果有限。为提升油田开发效率和经济效益,本研究聚焦于特高含水期水驱精细调整挖潜方法,通过地质建模、动态监测、精细注水调控等手段,旨在打破无效注采循环,挖掘剩余油潜力,为油田稳产增产提供新思路和新方法。

1 特高含水期现状分析

1.1 油田基本情况介绍

(1) 油田概况。特高含水期油田通常指的是那些综合含水率超过90%的油田,其地质结构复杂,储层特性多样,开发难度较高。这类油田的地质结构往往由多个地质层系组成,层间非均质性强,渗透性差异大。储层特性方面,多以陆相碎屑岩沉积为主,其孔隙结构、润湿性和渗透率等因素直接影响流体的流动和分布。开发现状上,这些油田大多已处于开发后期,采出程度高,剩余可采储量少,面临严峻的稳产和增产压力。(2) 开发历程与现存问题。许多特高含水期油田的开发历程可以追溯到几十年前,如中国的大庆油田,自1960年发现以来,历经几十年的高产稳产,目前已进入特高含水期。在开发过程中,这些油田通过不断的技术创新和管理优化,取得了显著的成果。然而,随着开发的深入,也逐渐暴露出一些问题,如储采失衡矛盾加剧、液油比高、耗水量大、主力油层大面积水淹等。此外,开发井间的差异逐渐缩小,传统的压裂、堵水等措施难以适应特高含水期的需要,导致开发效果逐年变差。

1.2 特高含水期的特点

(1) 水驱无效注采循环突出。在特高含水期,注水开发效果大打折扣,主要原因在于水驱无效注采循环的

普遍存在。由于储层中水相饱和度极高,注入水往往难以有效驱替出剩余油,而是沿着高渗透带迅速突破,形成无效循环。这种循环不仅浪费了宝贵的注水资源,还加剧了地层压力的不平衡,降低了油田的采收率。(2) 剩余油挖潜难度逐年增大。随着开发的深入,剩余油分布越来越复杂,多呈现出高度分散、难以动用的特点。这些剩余油往往分布在低渗透层、裂缝末端、油藏边角等难以触及的区域,传统的开采技术难以有效挖潜。此外,由于储层条件的不断变化和剩余油分布的复杂性,挖潜过程中的不确定性也大大增加,使得挖潜难度逐年攀升。(3) 产液率逐年下降,开发效果变差。在特高含水期,由于含水率的不断上升和剩余油挖潜难度的增加,油井的产液率逐年下降。同时,由于无效注采循环的存在和储层动用程度的降低,油田的整体开发效果也逐渐变差。这不仅影响了油田的稳产能力,还增加了开采成本和风险。因此,如何在特高含水期阶段采取有效措施提高油田开发效率和经济效益,成为油田管理者和技术人员面临的重大课题^[1]。

2 特高含水期水驱精细调整理论基础

2.1 地质及储层研究

在特高含水期的油田开发中,地质及储层研究是精细调整策略制定的基础。这些研究不仅有助于深入了解油田的地质结构、储层特性及剩余油分布情况,还能为后续的注水开发策略优化提供科学依据。(1) 精细地质建模与分析。精细地质建模是特高含水期水驱调整中不可或缺的一环。通过建立高精度的三维地质模型,可以准确描述储层的空间分布、物性参数及流体流动特性。这一过程包括收集和分析大量的地质、测井、地震及生产数据,利用先进的建模软件构建出储层的精细三维图像。在模型中,可以清晰地看到储层的构造形态、层理结构、断层发育情况以及储层非均质性等特征。通过对

地质模型的深入分析,可以进一步了解剩余油在储层中的分布规律。利用数值模拟技术,可以模拟注水开发过程中流体在储层中的运移规律,预测不同注水策略下的生产效果。这些信息对于制定针对性的水驱调整方案具有重要意义。(2)沉积单元内部无效循环规律的认识。在特高含水期,注水井与生产井之间往往形成大量无效注采循环,导致注水效率低下。为了解决这一问题,需要对沉积单元内部的无效循环规律进行深入研究。沉积单元是储层的基本构成单元,具有相对独立的渗流特性和流体分布特征。通过分析沉积单元的沉积环境、成岩作用、孔隙结构等因素,可以揭示其内部流体流动的规律和机制。在认识沉积单元内部无效循环规律的基础上,可以采取针对性措施来优化注采关系。例如,通过调整注水井的注水强度、注水方向或注水方式,以减少无效注采循环的发生;或者通过采取封堵、侧钻等措施来改造无效循环通道,提高注水效率。

2.2 动态监测资料的应用

动态监测资料是评估油田开发效果、调整开发策略的重要依据。在特高含水期水驱精细调整中,充分利用动态监测资料具有重要意义。(1)油层动态监测数据与油藏流体动态的关联性。油层动态监测数据包括油井产量、含水率、注水井注水量等关键参数。这些参数的变化直接反映了油藏流体动态的变化情况。通过对油层动态监测数据的深入分析,可以揭示油藏流体流动的规律和趋势^[2]。例如,可以通过分析油井含水率的变化趋势来判断剩余油的分布情况;通过分析注水井注水量的变化来判断注水效果的好坏。在建立油层动态监测数据与油藏流体动态关联性的基础上,可以构建出油藏流体流动的数学模型或仿真系统。这些模型或系统可以模拟不同注水策略下的油藏流体流动情况,为制定和调整开发策略提供科学依据。(2)注采关系的动态分析。注采关系是注水开发油田中的核心问题之一。在特高含水期,注采关系的动态分析尤为重要。通过对注采关系的动态分析,可以了解注水井与生产井之间的流体交换情况,评估注水开发效果的好坏。注采关系的动态分析包括两个方面:一是分析注水井与生产井之间的流体流动方向和速度;二是分析注水井与生产井之间的流体交换量和效率。在特高含水期,由于储层非均质性的影响和注水井与生产井之间注采关系的失衡,流体在储层中的流动往往变得复杂且难以预测。因此,需要采用先进的监测技术和分析方法对注采关系进行精准动态分析。

3 特高含水期水驱精细调整挖潜的主要方法

3.1 无效注采循环的识别与治理

3.1.1 厚油层层内细分注水技术

(1)方法及原理:厚油层层内细分注水技术是一种针对高渗透层与低渗透层共存、注水易形成无效循环的油层,通过细分层内注水系统,实现精细化注水调控的方法。该技术基于高分辨率测井资料、地质建模及生产动态数据,识别出油层内部的高渗透带和低渗透带,然后设计并实施差异化注水方案。具体操作中,通过调整注水井的注水压力和注水量,降低高渗透带的水驱速度,提高低渗透带的驱油效率,从而减少无效注水量,提高整体开发效果。(2)应用效果及案例分析:在某油田的应用中,该技术成功地将厚油层细分为多个注水单元,针对不同单元实施了差异化注水。通过精确控制注水量和注水压力,高渗透带的无效注水得到了有效控制,低渗透带的动用程度显著提高。统计数据显示,实施该技术后,油田整体含水率下降了约3个百分点,产油量增加了约5%,显著提高了油田的经济效益和开发效率。

3.1.2 周期注水技术的应用

(1)实施方式及策略:周期注水技术通过周期性地改变注水井的注水量和注水周期,调整油层压力场,打破原有的流体分布格局,促进剩余油的重新分布和采出。实施方式主要包括确定注水周期、制定注水方案、实施周期性注水以及动态监测与调整等步骤。策略上,应注重注水周期的合理设定,既要考虑油层压力的恢复时间,又要避免注水过度导致的地层压力失衡^[3]。(2)注水利用率的提升:周期注技术的应用有效提升了注水利用率。通过周期性调整注水量和注水周期,使得注入水能够在油层内形成更为均匀的驱替效果,减少了高渗透带中的无效循环水量,提高了低渗透带的油层动用率。此外,该技术还能够改善油层的水驱效率,提高油井的采收率,延长油田的生产寿命。

3.2 精细堵水技术研究

3.2.1 封堵技术的优化与设计

随着油田开发的深入,封堵技术的优化与设计变得尤为重要。在特高含水期,需针对油层特点、流体性质及封堵需求,设计合理的封堵方案。优化方面,应注重封堵材料的选择与配比、封堵工艺的创新与改进,以及封堵效果的监测与评估。通过不断优化设计,提高封堵的准确性和有效性,减少无效注水量,提高油田的整体开发效果。

3.2.2 长胶筒方法及其应用

长胶筒方法是一种高效、精准的堵水技术。该方法利用长胶筒作为封堵工具,通过高压挤注等方式将其置入需要封堵的层位中。长胶筒具有弹性好、耐高温、

密封性强等优点，能够形成有效的封堵屏障，阻止流体在层间的无效循环。在特高含水期油田中，长胶筒方法被广泛应用于高渗透带、裂缝发育带及层间窜流等区域的封堵作业中，取得了显著的效果。

3.2.3 原堵层潜力判定与再堵层调整

随着油田开发的进行，原堵层可能因地质条件变化、流体性质改变或封堵材料老化等原因而失去封堵效果，导致注水重新进入无效循环。因此，对原堵层进行潜力判定与再堵层调整，是维持油田高效开发的重要措施。（1）原堵层潜力判定：通过地质复查、生产数据分析、井间连通性测试等手段，综合评估原堵层的封堵效果。重点关注注水压力变化、油井产液量及含水率波动、以及封堵材料在油层中的稳定性等指标。若发现封堵效果减弱或失效，需进一步分析原因，确定是否需要再进行再堵处理。（2）再堵层调整：针对判定为需要再堵的原堵层，制定详细的再堵方案。首先，选择适合当前地质条件和生产需求的封堵材料，确保其具有良好的封堵性能、耐高温耐压性能和环保性能。其次，优化封堵工艺，确保封堵材料能够准确、高效地到达目标层位并形成良好的封堵屏障。最后，加强封堵过程中的动态监测，及时调整施工方案，确保封堵效果达到预期目标^[4]。

3.3 剩余油挖潜的综合措施

3.3.1 低产、长关井的补孔代用与注采完善

对于油田中的低产井和长期关停井，应进行全面评估，确定其是否具有挖潜潜力。通过补孔代用，即在现有井筒内增加新的射孔段，重新开启油气通道，提高井筒的产能。同时，结合注采完善措施，如增加注水井点、调整注水方向、提高注水压力等，改善油层内的流体分布状况，促进剩余油的驱替和采出。

3.3.2 选择性压裂与水力割缝技术的运用

选择性压裂技术是针对特定层位或区域进行精细化压裂作业的方法。通过优化压裂参数和工艺设计，实现裂

缝的精确控制和有效扩展，从而提高压裂效果。水力割缝技术则是利用高压水流在油层中切割裂缝的技术，能够增加油层的渗流通道和流体流动面积。这两种技术的结合运用，能够有效提高剩余油的动用效率和采出率。

3.3.3 结构单元注采关系完善的策略

在特高含水期油田中，完善结构单元的注采关系是提高整体开发效果的关键。通过优化井网布局、调整注水策略、加强动态监测与调控等手段，实现注采系统的均衡和高效运行。具体来说，应根据不同结构单元的地质特征和开发需求，制定合理的注水方案和生产计划；加强注水井和生产井的动态监测，及时掌握油层压力、流体分布和产量变化等信息；根据监测结果及时调整注水方案和生产措施，确保油田的长期稳产和高效开发。

结束语

综上所述，特高含水期水驱精细调整挖潜策略的研究与实践，对于提升油田在开发后期的采收率具有重要意义。通过深入的地质及储层分析、动态监测资料的应用以及一系列精细调整与挖潜技术的实施，有效改善了注水开发效果，减缓了产量递减趋势，实现了剩余油的高效动用。未来，随着技术的不断进步和创新，特高含水期油田的挖潜潜力将进一步释放，为油田的可持续发展贡献更多力量。

参考文献

- [1]刘明,王伸,杨庆生.某特高含水期油田水驱精细调整优化研究[J].石油勘探与开发,2019,(07):88-90.
- [2]吴艳英,刘伟华,蔡丽.特高含水期水驱精细调整技术在油田的应用[J].科技信息,2020,(14):113-115.
- [3]曹晓峰,杨晶,陈舟.特高含水期油藏水驱精细调整技术的研究[J].油气储运,2019,(05):48-49.
- [4]张文清,李明轩.特高含水期油田水驱精调作业技术研究.石油与天然气化工,2020,(14),139-144.