

稠油热采技术在油田采油效率提升中的应用分析

杨娜

曙光采油厂基建管理部

【摘要】稠油热采技术通过向油藏注入热量来降低稠油黏度、提高流动性，有效提升采收率，是当前提高稠油开采效率的关键方法。本文系统分析了稠油热采技术的主要方法，包括蒸汽吞吐、蒸汽驱、火烧油层和热水驱，探讨了该技术在提升油田采油效率中的作用机理，如降低黏度、提高油藏压力、改善渗透率等。此外，文章详细阐述了稠油热采技术的应用过程，从油藏评估、工艺设计、设备安装到现场实施、效果监测及环保措施，全面展示了稠油热采技术在油田中的实际应用与成效。随着技术的不断进步，稠油热采技术将进一步优化，为全球能源的可持续开发做出贡献。

【关键词】稠油热采技术；油田采收率；热采技术原理；技术应用

Application analysis of heavy oil thermal production technology in oil production efficiency improvement

Yang Na

Infrastructure Management Department of Shuguang Oil Production Plant

【Abstract】 Heavy oil thermal production technology is the key method to improve the viscosity and liquidity of heavy oil by injecting heat into the oil reservoir, which is the key method to improve the production efficiency of heavy oil. In this paper, we systematically analyzed the main methods of heavy oil thermal production technology, including steam throughput, steam flooding, burning oil layer and hot water flooding, and discussed the mechanism of the technology in improving the efficiency of oil production, such as reducing viscosity, increasing reservoir pressure and improving permeability. In addition, the paper elaborated the application process of heavy oil thermal production technology, from reservoir evaluation, process design, equipment installation, field implementation, effect monitoring and environmental protection measures, and comprehensively demonstrates the practical application and effectiveness of the application of heavy oil thermal production technology in oilfield. With the continuous progress of technology, heavy oil hot production technology will be further optimized to contribute to the sustainable development of global energy.

【Key words】 heavy oil hot production technology; oil recovery; hot production technology principle; technology application

引言

随着全球能源需求的持续增长,石油资源的高效开发利用变得尤为重要。稠油作为一种重要的非常规石油资源,由于其高黏度和低流动性,给采油工作带来了巨大挑战。稠油热采技术作为提高稠油采收率的关键手段,已在全球范围内得到广泛应用。因此,如何有效应用热采技术以克服稠油开采过程中的技术难题成为当前石油行业关注的重点。

一、稠油热采技术概述

稠油热采技术是通过向油藏注入热量来降低稠油黏度,从而改善其流动性并提升采收率的一种技术方法。稠油由于高黏度特性,难以通过传统采油技术有效开采,热采技术便

成为提高稠油采收率的关键手段。在不同油藏条件下,热采技术主要采用蒸汽吞吐、蒸汽驱、火烧油层以及热水驱四种方法。每种方法均具有独特的工艺原理和应用优势,能够在特定条件下为稠油采收提供高效支持。

1. 蒸汽吞吐

蒸汽吞吐是一种周期性注汽采油技术,通过向油井内注入高温蒸汽,使稠油受热而黏度降低,进而增强流动性^[1]。该过程包括注汽、浸泡和回采三个阶段。在注汽阶段,高温蒸汽注入油井并与稠油接触,使油藏温度上升。在浸泡阶段,注入的蒸汽继续传导热量,使稠油黏度进一步降低。最终在回采阶段,受热的稠油流动性增强,能够顺利被抽出。这种方法因操作相对简单且能够快速提升油井产量,被广泛应用于稠油开发的初期。然而,由于蒸汽吞吐为间歇性注汽,热量容易散失,因此在油藏储量较大或热损失较高的情况下,

其采收效率可能受到限制。

2. 蒸汽驱

蒸汽驱是一种连续注汽技术,通过长时间向油藏注入高温蒸汽,使蒸汽在油藏中形成驱替前沿,将稠油推动至采油井口^[2]。这种方法不仅可以持续为稠油降黏,还能够提高地层压力,进一步促进稠油流动。与蒸汽吞吐相比,蒸汽驱适合于油藏规模较大、渗透性良好的稠油油藏,能够在相对较长的周期内保持高产量。蒸汽驱的关键在于维持蒸汽前沿的稳定性,以避免因通道化现象导致的热损失。然而,蒸汽驱过程中所需的能源较多,且在低渗透性油藏中蒸汽渗入效率不高,因此需要结合油藏特性进行评估。

3. 火烧油层

火烧油层技术通过在油藏内引燃部分原油来产生高温,使周围的稠油降黏并流动^[3]。该方法利用燃烧产生的热量,不仅能够降低黏度,还能产生二氧化碳和其他气体,起到一定的驱油作用。火烧油层适用于渗透性较低、难以进行常规热采的油藏,因为燃烧产生的高温具有较强的传导能力,能够在油藏内部形成温度梯度,促使稠油流动至井口。然而,火烧油层的实施较为复杂,需严格控制燃烧速度和范围,以避免因燃烧不完全导致资源浪费或环境问题^[4]。总体而言,该技术适用于特定的油藏类型,能够在适当条件下显著提升采收率。

4. 热水驱

热水驱是通过向油藏注入热水来提高温度,从而降低油的黏度,进而增强流动性^[5]。相比蒸汽驱,热水驱操作简单,成本较低,适合较浅层或热损失较低油藏。热水在油藏中与稠油接触时,可以逐渐提升温度,使黏度降低,促使稠油更易流动。然而,热水驱的热效应较弱,难以在深层或稠油黏度极高的油藏中获得显著效果。该技术多用于稠油黏度相对较低或地层温度较高的油藏,通常作为其他热采技术的补充手段。在适当的油藏条件下,热水驱能够有效提高采收率,同时降低操作成本。

二、稠油热采技术对油田采油效率提升的作用机理

1. 降低黏度

稠油热采技术的核心在于通过热能引入,显著降低稠油的黏度,使其流动性得以增强。稠油的高黏度往往导致其在低温条件下难以流动,无法顺利从油藏中采出。热采过程通过注入高温蒸汽或热水,使稠油受热后分子间的吸引力减弱,流动阻力减少,黏度显著下降。随着黏度降低,稠油在地层中的流动性显著改善,更易在井筒负压作用下流向采油

井。这种降黏效果是热采技术提升稠油采收率的关键之一,使得传统方法无法开采的高黏度稠油得以有效开采,进而显著提高采收率。

2. 提高油藏压力

热采技术不仅通过降黏提高稠油的流动性,还能够通过注入热流体来增加油藏压力。油藏内的流体通常受到地层压力的限制,若油藏压力过低,油流速减缓,采收效率也随之降低。注入高温蒸汽或热水等流体后,油藏压力得到提高,流体的驱动力增强,有助于推动稠油向井筒移动。这种压力的提升可以有效克服稠油因高黏度而导致的流动阻力,使其在井筒内流动更加顺畅,进一步提高采收率。同时,压力的增加还能抑制地层塌陷,维持油藏的地质结构,延长油田的使用寿命。

3. 改善油相渗透率

稠油热采技术对油相渗透率的改善也具有显著作用。高温环境下,岩石孔隙中的物理化学性质会发生变化,例如,部分流体的黏度下降、界面张力减小,使稠油在孔隙间的流动性增强。同时,热采过程可以减少孔隙壁面上的吸附油量,增加流体在孔隙中的流动路径,从而有效提高油相渗透率。这种渗透率的改善让稠油更易在地层内流动,从而提升采油速度和采收率。渗透率的提升是油田长期高效采油的基础,使得稠油油藏在经过热采处理后具备更佳的流动性和开发潜力。

4. 降低油水界面张力

稠油与水在地层中共存时,界面张力成为影响油水分离和油流动性的关键因素。热采技术通过提升地层温度来降低油水界面张力,进而促进油水分离。油水界面张力的降低能够减少油滴之间的黏附力,使得油相在水相中更易流动,从而提高稠油的采收率。降低界面张力还可以促进微小油滴聚集,形成可采的油流,大大提高稠油的采出效率。这种张力变化改善了油水混合状态,使稠油在地层中更容易被驱至井筒,为提升整体采收率提供了有力支持。

5. 溶解和汽化作用

稠油热采过程中,高温使得油藏内的轻质组分发生汽化,产生溶解气驱动效应,为油井的开采提供额外的驱动力。当注入高温蒸汽时,部分稠油中的轻质烃组分受热气化,这些气化的组分在地层中形成溶解气效应,有助于推动稠油向井筒移动。汽化作用不仅增强了稠油的流动性,还为稠油开采提供了额外的能量,使其更易流动至采油井。同时,溶解气的生成还起到增加油藏压力的效果,进一步提升了采收率。这种通过汽化和溶解气效应所带来的动力,弥补了高黏度稠油流动性不足的缺陷,为提高采

收率提供了有效的技术手段。

三、稠油热采技术在油田采油效率提升中的具体应用过程

1. 油藏评估

在进行稠油热采之前,油藏评估是一个至关重要的环节。通过详细分析油藏的地质条件、稠油的物理化学特性以及储层的渗透性和压力等参数,可以全面掌握油藏的整体状况,为选择合适的热采方法提供依据。油藏评估过程中,地质学家和工程师们会采用地震勘探、测井和岩心分析等技术,获得油藏的结构、规模和油水分布情况。此外,稠油的黏度、密度和含蜡量等特性也是选择热采技术的关键参数。在充分了解油藏和稠油特性后,才能确定适用的热采方法,以确保采油效率最大化。

2. 工艺设计

在完成油藏评估后,工艺设计阶段根据油藏特点,制定详细的注汽或注热方案,包括温度、压力、注入量等关键参数的设定。设计人员会根据稠油的黏度和储层的温度特性,确定最佳的注汽温度,以确保稠油黏度能够有效降低。注入压力则需考虑地层的承受能力,以防止地层破裂。此外,注入量的设计必须与油藏的规模相匹配,保证热量在油藏内的均匀分布。工艺设计的精准程度直接影响热采效果,因此,设计团队通常会通过数值模拟和试验,优化注热方案,从而达到提升采收率的目的。

3. 设备选型与安装

为了确保热采工艺的高效执行,设备选型与安装至关重要。稠油热采需要配备高效节能的热采设备,包括蒸汽发生器、注汽管柱、温度和压力监测仪器等。蒸汽发生器的选型要考虑蒸汽产生效率和燃料消耗,以便在保证高温高压蒸汽稳定供应的同时实现节能减排。注汽管柱则需具备耐高温高压的特性,以保证蒸汽注入过程的安全性和稳定性。安装时需严格按照设计方案进行,确保设备的各项参数符合工艺要求,为后续的热采作业打下坚实基础。

4. 现场实施

在现场实施阶段,按照设计方案进行热流体的注入操作,注入过程需严格控制温度、压力等参数,以确保注入流体能够有效传递热量至油藏。施工团队会在井口和井下安装实时监测设备,跟踪井底温度、压力以及蒸汽扩散情况。通过实时监控,可以迅速发现和应对异常情况,确保热采工艺在预期范围内执行。此外,现场实施还需定期进行井口和管柱的检查和维修,确保设备的稳定性和安全性,以实现高效、连续的热采作业。

5. 效果监测与调整

为了评估热采工艺的实际效果,需要通过产量和流体性质的变化情况对热采效果进行监测。产量的增长幅度和流体黏度的变化能直接反映热采的降黏效果和采收率提升情况。通过对井底温度、流体成分等参数的监测,可以分析热采过程中热量传递的有效性,进而判断工艺参数是否达到预期效果。若发现采收效果不佳,技术人员会对注热量、温度和压力等参数进行调整,以优化热采效果,实现稠油的高效采出。

6. 环保措施

在热采过程中,环保措施的落实至关重要。注热工艺会带来温度和压力的剧烈变化,可能对地层和地表环境产生不利影响,因此采取有效的环保措施至关重要。为了防止地下水污染和地表沉降,施工团队需采取密封隔离措施,防止热流体的渗漏。此外,热采产生的尾气和废水需经过处理后再排放,以减少对空气和水资源的污染。采油过程中严格执行环保标准,不仅有助于保护周围生态环境,还能为油田的长期可持续开发奠定基础。

四、结语

稠油热采技术在提高稠油油田采收率方面具有显著优势。通过合理选择和优化热采工艺,能够有效降低稠油黏度,增强其流动性,显著提升采油效率。随着技术的不断发展,稠油热采将朝着更高效、节能和环保的方向迈进,为全球能源的可持续开发利用做出更大贡献。

参考文献

- [1]胡海光. 稠油热采方法研究进展及应用效果评价[J]. 中外能源, 2024, 29(10): 62-68.
- [2]何立山. 普通稠油蒸汽吞吐转蒸汽驱技术优化研究[J]. 内蒙古石油化工, 2024, 50(04): 83-86.
- [3]郑懿琼, 张涛. 从探索到实践火驱技术的演进之路[J]. 石油知识, 2024, (05): 35-37.
- [4]王学慧, 代玉杰, 赵阳. 稠油提高采收率技术现状及发展趋势[J]. 现代化工, 2024, 44(10): 34-38+43.
- [5]赵心茹, 王飞, 孙蓉, 戎凯旋, 阮迪, 郑前, 潘玉萍. 稠油油藏热水驱开发效果主控因素研究[J]. 石油化工应用, 2024, 43(06): 19-23.