

稠油热化学驱油技术现状及发展趋势探究

张兆臣 (长城钻探地质研究院, 辽宁 盘锦 124010)

摘要: 现阶段我国主要通过蒸汽驱和蒸汽吞吐的方式开采稠油, 但利用这种方式开采蒸汽, 极易发生蒸汽超覆或汽窜等问题, 致使蒸汽波及体积减小, 且在蒸汽波及区域内部分稠油无法得到有效分离。但热 / 化学驱油技术的衍生不但能有效解决以上问题, 还能在提高热采洗油效率的同时降低原油的黏度。基于此, 从稠油热化学驱油技术概述着手, 通过探究稠油热化学驱油技术现状及发展趋势, 旨在为稠油开采工作的顺利开展提供技术上的支持。

关键词: 稠油; 热化学驱油技术; 现状; 发展趋势

稠油作为世界油气资源的重要组成部分, 充分满足了油气资源供应方面的实际需求。目前, 我国稠油大多分布在胜利、河南、新疆等油田区域, 使用的稠油开采方法也普遍以蒸汽驱和蒸汽吞吐为主。但在稠油开采的过程中, 受稠油和蒸汽密度黏度差异的影响, 时常伴随着蒸汽重力超覆等问题, 致使蒸汽开采波及体积系数相对较低。基于此, 热 / 化学驱油技术应用而生, 在改善原有技术的基础上有效提升了稠油采收率。

1 稠油热化学驱油技术概述

1.1 热 / 聚合物复合驱技术

热 / 聚合物开采技术在现代化发展进程中的起步相对较晚, 主要用于热力驱后的稠油油藏工作。在蒸汽吞吐和蒸汽驱后仍有大量稠油未被开采, 而这种稠油开采接替技术则能有效解决以上问题, 还能有效提高稠油的采收率。该项稠油开采接替技术的基本原理在于依托于聚合物的大分子量调节与整合地层吸汽剖面, 通过堵塞大孔道提升注汽效果, 进而最大限度地提升稠油的采收率。

为节约稠油开采成本, 有关专家早些年便研制出了经济适用的耐高温聚合物——表面活性剂体系, 还在多个孤岛油田中进行了科学实验, 不但有效突破了传统蒸汽窜流和超覆的局限性, 还在减少稠油开采成本损耗的同时提高了采收率。

自 1994 年起, 俄罗斯部分油田陆续开展了热聚合物驱矿场实验, 历经 7 年后极大地增产了原油含量。相比于聚合物驱, 热聚合物驱的开采成本可降低 1.6 倍左右。基于此, 我国研究人员在 1997 年对热 / 聚合物技术进行了深入研究与分析, 经数学模拟验证后可知, 将热 / 聚合物驱应用于热驱后的油藏具有一定的可行性, 还能起到良好的采收效果。与此同时, 在孤岛油田中应用高温化学驱油剂时, 还能在蒸汽吞吐阶段获得良好的采收效果, 并且聚合物还有着较为稳定的泡沫体系和调剖功能。基于此, 热 / 聚合物复合驱技术的有效应用可以为稠油开采工作提供全新的发展思路。

1.2 热 / 碱复合驱技术

碱驱这一概念最早由美国研究学者提起, 自 20 世纪 80 年代初开始研究改善热采的热 / 碱复合驱技术。实

际上该项热 / 碱复合区技术主要是通过碱与原油中的酸性物质反应后生成的可降低油水界面张力、改善岩石湿润效果的表面活性剂来提升原油的采收率。与此同时, 将蒸汽与碱进行有效混合后, 还能整体提高重力、减缓流动性, 进一步延长蒸汽的超覆时间。基于热 / 碱复合驱技术成本低廉的优点, 大部分矿场普遍在现场开展了试验活动, 并将蒸汽 / 碱复合驱在油田中的试验结果进行了公开报道, 大部分油田中的试验井均明显提高了采油量, 但仍有部分试验井未起到任何效果。基于此, 相关研究人员将钠碱适当融合到了蒸汽驱中, 有效降低了储层较低部位的残余油饱和度。经实验研究表明, 相比于常规蒸汽驱, 这种方式可有效提升稠油的流动速率, 还能显著提高稠油的采收率, 并且将蒸汽与浓度相对较低的碱混合后, 也能在室内实验中得到相同的结果。在此基础上, 我国研究人员尝试在蒸汽机中投入无机碱性添加剂, 从室内实验结果可知稠油的采收率增长了 13% 左右。此外, 我国 2006 年在齐齐哈尔油田中还开展了黑液复合驱剂添加蒸汽吞吐的对比实验, 也取得了明显的稠油采收效果。

但热 / 碱复合驱技术在使用过程中仍存在以下几方面的问题: 第一, 碱耗相对较高, 尤其在高温条件下碱耗程度将会进一步加剧, 致使资金成本增加。第二, 添加碱时很可能破坏地层表面, 使井筒、管线发生结垢、破乳困难等问题。第三, 热 / 碱复合驱技术的应用原理较为复杂, 尽管在室内实验中能起到良好的效果, 但在现场实验中的成功率却相对较低, 在一定程度上阻碍了热 / 碱复合驱油技术得以广泛应用和发展的进程, 使其更倾向于低碱、有机碱以及无碱等驱油体系发展。

1.3 热 / 表面活性剂复合驱技术

应用热 / 表面活性剂复合驱技术时, 其基本原理在于通过升高温度来降低油相的黏度, 在改善岩石湿润度的同时有效提高油相的渗透效率, 进一步减小岩石、油、水界面的张力, 使驱替相毛管数量得以有效提高, 同时启动、驱替残余油, 形成 O/W 型乳状液, 并将剩余油滴进行有效整合、聚集。在多孔介质中的孔吼处可以有效积聚乳状液内相颗粒, 在降低高渗层带绝对渗透率的同时还能保证储层的非均质性, 使采收率得以有效提升。

在热 / 表面活性剂复合驱中应用表面活性剂时,可以有效改善油水界面张力,并在起泡、乳化降黏等作用下整体提升洗油效果。在使用热 / 表面活性剂复合驱技术时,必须确保表面活性剂可满足以下要求:第一,具有高温化学性和高温稳泡性。第二,可有效改善蒸汽流量。第三,具有较强的岩石表面低吸附能力。第四,与地层流体具有较好的适配度。第五,经济成本相对较低。

1.4 热 / 泡沫复合驱技术

蒸汽 / 泡沫复合驱试验最早由国外开始进行。在实验过程中,泡沫经过岩石孔喉处时会产生相应的 Jamin 效应,不但能科学调整蒸汽波及其体积,还能在一定程度上显著提升采收率。该项技术本质上是由改善热采技术衍生而来的,既可以直接用于稠油开采工作,又能在稠油热力驱后作为接替技术使用。

在数模和物模条件下,对蒸汽 / 泡沫复合驱技术进行研究时可知,这种方法可以堵塞蒸汽窜流通道,将蒸汽超覆时间进行有效延长,在调整波及体积的同时提升采收率。例如,某油田在现场实验中应用一种新型高温复合泡沫剂 FCY 时,该泡沫体系可以对间接蒸汽驱起到良好的堵塞汽窜作用,还能显著提升热采稠油油藏的吞吐开发效果。

实际上泡沫不但能将蒸汽的超覆时间控制在最小范围内,还能在某种程度上有效控制渗透范围的流动,整体具有良好的高温转向剂作用。但当前热 / 泡沫技术在实际应用过程中仍存在以下几方面的问题:第一,高温起泡剂的性能有待改善。热 / 泡沫技术主要适用于 250℃ 以下的高温起泡剂,但我国在技术条件的限制下尚无相应的表面活性剂工业化产品。第二,高温冷泡技术尚未得到广泛应用。表面活性剂过于单一时无法形成稳定的泡沫,必须通过加入具有水溶液黏度或强化表面膜弹性的物质来实现稳泡剂的有效应用,但在化学系热稳定性的影响下,大部分局限于低温环境的稳泡剂无法在高温条件下得以有效应用。因此,只有解决高温起泡和稳泡技术及应用方面的问题,才能使热 / 泡沫复合驱技术得以广泛应用,同时为高温自生泡沫的衍生创造良好的先决条件。

2 稠油热化学驱油技术现状及发展趋势

2.1 化学驱中碱剂的选择

如果发生碱耗和结垢问题很可能会直接影响碱驱效果,并且碱耗还会破坏碱与聚合物表面活性剂之间的协同反应,因此在未来发展趋势中碱驱用剂更适用于弱碱、潜在碱、有机碱以及混合碱。

2.2 聚合物驱后接替技术

利用核磁共振成像技术探索水驱后聚合物驱后发现地层中残留大量油物,灵活运用聚合物驱后提高采收率已成为未来必须重点关注的研究课题。现阶段,油田工作者愈发重视借助聚合物驱后非均质油藏技术提高采收率的有效策略,还针对孤岛油田进行了聚合物驱后接替

技术的实验研究,主要以高效洗油技术为主,在室内物理模拟实验中注入 0.3PV 的高效驱油剂后,发现原油采收率上涨了 17% 左右,因此将聚合物驱后注入高效驱油剂可起到至关重要的作用。另一方面,在孤岛油田中使用高效洗油技术、聚合物絮凝再利用技术、深部调剖技术等增产技术时,可从平板模型实验中得知灵活运用以上聚合物驱后接替技术均能有效提升采收率。

2.3 产出液的处理

在石油工业发展过程中,时常面临着油水乳状液相关问题。实际上化学驱后产出液的乳状液尽管具有复杂的结构性特点,但其稳定性也会得到明显增强。通常情况下,采取科学手段高效分离油水乳状液具有一定的难度,尤其是对于 pH 值高的乳状液而言,这也在一定程度上阻碍了稠油的进一步有效开发。但碱和石油酸反应后生成的原位表面活性剂却能使其分离过程趋于稳定,究其根本原因在于确定过程中形成的 W/O 型乳状液相比于 O/W 型更稳定,并且 W/O 乳状液黏度也比 O/W 型乳状液更高。最重要的是,W/O 乳状液界面膜主要是由沥青质、胶质等物质组成的。根据油田老化稠油含水率高、成分复杂以及脱水率低等特点,现阶段研制出了油溶性破乳剂 SYR-1 与水溶性破乳剂 SSR-1,在实验过程中可发现 SYR-1 对老化稠油的破乳效果比 SSR-1 更好。此外,在低 CO₂ 条件下对 pH 值较高的稠油乳状液进行试验时,由于 CO₂ 属于酸性气体,其可以有效减小液相 pH 值,不但能降低油滴表面的静电荷,还能在一定程度上弱化液滴之间的排斥感。在 CO₂ 气体上升过程中,很可能触及乳状液且形成剪切,损坏沥青质与表面活性物质生成的界面膜的同时絮凝、聚并油滴。

3 结论

热化学采油技术及应用过程中,通常需要覆盖化学、热力学、界面科学等多种领域,整体具有较高的复杂性,并且其发展也离不开界面化学、表面活性剂的制备等相关学科的支持。现阶段热 / 化学驱在石油工业中具有良好的发展前景,尤其是热 / 有机碱 / 表面活性剂复合驱技术在应用过程中更是有着明显优势,并且水热裂解、井下改质技术在石油开采技术未来发展过程中将起到至关重要的作用,随着现代科技水平的提升和社会公众环保意识的增强,该类技术可以为稠油开采工作提供全新的发展途径。

参考文献:

- [1] 杨智利.稠油油藏热力采油技术探究[J].石化技术,2019,26(03):200.
- [2] 王强,纪璐.稠油油藏智能等流度技术研究与应[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(09):245-246.
- [3] 付顺龙,张易航,刘汝敏,郑忠茂.稠油、超稠油热采技术研究进展[J].能源化工,2020,41(02):26-31.

作者简介:

张兆臣(1984-),男,汉族,黑龙江勃利县人,毕业于东北石油大学,中级工程师,研究方向:油气田开发。