

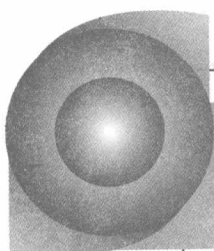
中国石化提高油气采收率研究中心
中国石油学会石油工程专业委员会

高含水期油藏 提高采收率方法 国际研讨会论文集

■ 姚 军 王夕宾 主编

Notice of the International
Conference on EOR in High
Water-cut Reservoir

中国石油大学出版社



高含水期油藏提高采收率方法 国际研讨会论文集

姚 军 王夕宾 主编

中国石油大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高含水期油藏提高采收率方法国际研讨会论文集/姚军,王夕宾主编.—东营:中国石油大学出版社,2008.1

ISBN 978-7-5636-2537-6

I. 高… II. ①姚…②王… III. 采收率(油气开采)—
国际学术会议—文集 IV. TE357-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 202046 号

书 名: 高含水期油藏提高采收率方法国际研讨会论文集
作 者: 姚 军 王夕宾

责任编辑: 高 颖(电话 0546—8393394)

封面设计: 九天设计

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com

印 刷 者: 东营市新华印刷厂

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0546—8392791, 8392563)

开 本: 185×260 印张: 33 字数: 780 千字

版 次: 2008 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 80.00 元

内容提要

本论文集汇集了“高含水期油藏提高采收率方法国际研讨会”优秀论文 70 多篇,内容涉及高含水期油藏动态建模技术、高含水期油藏剩余油分布定量描述技术、高含水期油藏二次采油技术、高含水期油藏复杂结构井技术及高含水期油藏提高采收率新理论、新工艺和新技术。论文反映了提高采收率领域的最新进展、经验和技术,代表着我国提高采收率技术的最新水平。

本书可供从事石油地质、油藏工程、采油工程、采油化学工艺等专业的科技人员和石油院校相关专业的师生参考。



近年来,通过广大石油工程科技工作者的努力,在高含水期油藏动态建模技术、高含水期油藏剩余油分布定量描述技术、高含水期油藏二次采油技术、高含水期油藏复杂结构井技术及高含水期油藏提高采收率新理论、新工艺和新技术等方面的研究取得了长足的进步。为了加快提高采收率配套技术的整合,开展相关技术及经验的研讨十分必要。为此,由中国石油学会石油工程专业委员会、中国石油大学(华东)主办,中国石化提高油气采收率研究中心具体承办的“高含水期油藏提高采收率方法国际研讨会”于2007年8月23日至8月26日在中国石油大学(华东)青岛校区召开,来自全国各高校、研究院所、油田及国内外石油公司和美国、加拿大的专家学者、研究生等共110多人参加了会议。

会议主要研讨了基于注水的高含水期油藏提高采收率的相关理论与技术,全面系统地总结了我国近年来在高含水期油藏提高采收率领域的新理论和新技术,集中展示了取得的新成果,并重点深入研讨和推广了我国高含水期油藏提高采收率的实用技术与创新技术。本次会议不仅增进了提高采收率领域同行之间的了解、交流和合作,而且为该领域理论和技术的发展指明了方向。此次会议是一次成功的大会,主要体现在以下几个方面:

(1) 提交的会议论文多、水平高。会议共收到论文122篇,是研究者最新的研究成果,反映了提高采收率领域的最新进展、经验和技术,代表着我国提高采收率技术的最新水平。

(2) 与会代表层次高、会风正。会议汇集了油藏工程领域的高层领导、国内外知名的专家学者,许多年轻的学者和研究生也参加了本次会议。大家本着交流、学习、借鉴、提高的目的,积极参与,无论是大会学术报告,还是分组讨论,都踊跃发言和提问。在浓厚的学术氛围内,大家加深了了解、增进了友谊、提高了认识。

(3) 会议取得的成果具有很高的学术价值和实践指导意义。会议探讨的高含水期油藏提高采收率新理论、新工艺和新技术代表了目前国内外提高采收率研究的动态和发展方向,交流的成果必将推动和促进我国提高采收率理论和技术的进步。

(4) 会议为我国提高采收率技术的发展指明了方向。本次会议不仅涉及目前提高采收率研究的各个重点领域,还对提高采收率技术未来的发展方向进行了研讨,为该领域技术的发展指明了方向。

本论文集共选取了会议论文70多篇,是众多会议论文的代表和精华,希望它的出版能推动我国提高采收率领域的科研进步和技术发展。

会议组委会借此论文集出版之际向关心和支持本次会议的领导和专家表示衷心的感谢。我们高度评价各位作者向本次会议提供的论文,并对所有关心、支持本次会议及为本次会议和会议论文集作出贡献的单位和个人表示衷心的感谢。

编者

2007年8月

目 录

对聚合物驱后提高采收率技术的思考·····	赵福麟(1)
高含水期低渗油藏水气交替注入提高采收率可行性分析·····	任晓娟 乔红军 叶正钦 闫凤平(4)
CO ₂ 降粘效果评价实验与预测·····	朱平 刘炳官(8)
最佳毛管数驱油技术及其对聚合物驱后选择驱油剂的意义·····	王业飞 赵福麟(14)
长效调驱泡沫剂室内研究·····	张玉广 王鑫 韩重莲 王冰(18)
胜利油田火烧驱油技术与矿场实践·····	王世虎 姚军 谢志勤(25)
高效细分注水测控配套工艺技术·····	刘合 王中国 金岩松 王清平(39)
水平井高效开发长期濒临停产的高含水油田·····	陈延(47)
井网加密后对厚油层的再认识研究·····	程丽辉(55)
预交联体增效聚合物驱油体系研究·····	崔晓红 曹绪龙 赵福麟(63)
稠油井蒸汽吞吐生产规律统计分析·····	崔玉泉(70)
粘度比对交联聚合物驱油效果研究·····	单联涛 曹绪龙 同登科(77)
基于遗传算法与神经网络的采收率预测建模研究·····	范海军 姚军 吕爱民(82)
断块油藏特高含水期改善开发效果研究·····	符永江 周吉培(89)
疏水修饰聚电解质的聚集作用及其与聚合物驱采出液的相互作用·····	宫厚健 徐桂英 谭业邦 王雅婧 汪庐山 田玉芹 王海波 郭宏伟(94)
提升高含水油田注水效果配套技术·····	郭慧(100)
胜利油田大孔道油藏化学驱方法及注入参数优化控制研究·····	郭兰磊(106)
油井深部堵水技术研究·····	何龙 贾艳平 赵福麟 王业飞 崔亚 任楠 焦翠(113)
新型酸化增稠剂 ZCY-1 的合成及性能测试·····	贾江鸿 程远方 赵修太(120)
梁家楼油田中区沙三中沉积微相研究及应用·····	李静 林承焰 高国强(127)
主力油层聚驱后聚表剂驱油技术研究及应用·····	张启江 潘贵庆 李丽娟(136)
辽河油田薄多层油藏剩余油定量描述技术·····	龚姚进 许宁 宋兴文 李蔓(140)
胜利油田高含水期分层采油工艺技术研究与应用·····	李蓉 古光明 张雷 孟永(147)
稠油边底水大剂量调堵技术·····	李瑞(154)
泡沫分流酸化数学模型研究及应用·····	李松岩 李兆敏 林日亿(159)
同井采注水工艺技术在复杂小断块油藏提高采收率的应用·····	李元如(170)
锦90 块普通稠油泡沫驱方案设计 & 实施效果·····	蔺玉秋 李培武 张义堂 刘贵满 庄丽(174)
高含水后期油田利用水平井技术的可行性·····	刘波(182)
水平井岩心侧积夹层初探·····	刘海龙 路晶鑫 戢红霞(187)
膨胀管技术在油田特高含水期堵水上的应用·····	刘合 徐国民 任志刚 杨延滨(194)

- 海南 3 块区块整体和深部调剖..... 刘建山 李瑞 王太玉(200)
- 国外智能井技术现状 刘均荣 姚军(205)
- 水溶性硅酸盐堵剂的应用现状..... 刘巍(211)
- 河南双高油田薄层压裂技术..... 刘欣 刘洪涛 林景禹 陶良军 段玉秀(216)
- 高升油田高 18 块莲花油层沉积微相及与油气产能的关系..... 卢虎胜 林承焰(223)
- 电场对多孔介质中含水饱和度的影响..... 卢占国 王殿生 姚军(229)
- 现河庄油田河 74 断块 2+3 次采油技术的应用..... 芦维国 温鸿滨 林娜 杜培玲 张伟(234)
- 油田高含水后期扩大水驱面积新技术..... 罗健辉 刘玉章 宋新民 熊春明 王平美 李宜坤(240)
- 闵桥油田火山岩油藏复堵工艺技术研究与实践..... 马欣本(248)
- 胜利油田牛 25-C 砂体结垢与挤注防垢技术研究..... 左景荣 樊泽霞 任韶然 闫方平 贾红育 吴海清 房灵太 马欣本(254)
- 喇嘛甸油田气顶气经济可采储量评价与风险分析..... 秦国伟 周志军 蒲春生 罗明良 徐文波(261)
- 井下油水分离回注技术..... 余梅卿 魏淋生 金飞 申秀丽 刘东奇(267)
- 应用水平井技术二次开发高含水稠油油藏..... 盛聪 司勇 王玉娟(279)
- 聚驱后高浓度聚合物提高采收率室内实验研究..... 孙强 李宜强 綦金丽(287)
- 低渗透油藏高含水油井剩余油挖潜工艺技术研究..... 孙兆海(292)
- 超稠油 FDCS 高效开采技术研究..... 陶磊 李兆敏 张继国 赵洪涛 李吉慧 任韶然(299)
- 普通稠油油藏高含水期精细注水技术..... 汪海林 赵辰军 王淑君(305)
- 氟碳表面活性剂抗温抗盐驱油新体系..... 王辉辉 赵修太 王颜玲(312)
- 非均质油藏暂堵酸化技术研究及应用..... 王俊奇 盖海防 张兴华(323)
- 注氮气泡沫调驱技术的研究与应用..... 王鑫 王冰 韩重莲(329)
- 大庆高含水油田剩余油描述方法及应用效果..... 王兴刚(335)
- 欢 127 油田油藏水淹特征、剩余油分布及挖潜措施研究..... 徐会永 覃青松(341)
- 高含水期薄互层油藏剩余油分布研究——以沈 67 块为例..... 徐明旺(350)
- 稠油井空心杆泵上掺稀油掺入参数的敏感性分析..... 薛建泉(360)
- 大港油田碱/聚二元复合驱先导性矿场试验研究..... 杨德华 倪方天 杨怀军 李道山 闫云贵 王建强 刘伟(366)
- 聚合物驱后地层残留聚合物相对分子质量和水解度变化对其再利用效果的影响..... 由庆 赵福麟 王业飞(375)
- 用油藏工程方法评价南六区西块三次加密井网调整作用..... 于晓霞(381)
- 基于岩电实验建立高含水率低渗储层定量流动单元含水饱和度模型——以宝北区块粗粒低渗储层为例..... 袁彩萍 姚光庆 徐思煌(386)
- 石蜡/POE/H₂O 乳状液稳定性与流变性研究..... 张红星 潘明 毛宏志 徐桂英(393)
- 泡沫驱油技术在埕东油田应用研究..... 张莉 曹绪龙 任韶然 王其伟(401)

气顶衰竭稠油油藏氮气吞吐研究·····	张心文(407)
直井与水平井组合立体开发巨厚块状稠油油藏·····	张新元(412)
特高含水期水动力学调整配套技术·····	赵辰军 廖家彬 罗鹏飞 师小敏 刘延伟(417)
井下电潜式往复泵举升系统设计·····	赵磊 杨学云 刘建敏 李兆敏(424)
应力敏感性对压后储层渗透率影响研究·····	曲连忠 赵益忠 程远方 王京印(429)
井间分层示踪技术在高含水期油藏监测中研究与应用·····	赵跃朋 崔加利 龙华(435)
X-CT 成像技术在聚合物驱提高采收率分析中的应用 ·····	付静 李恒清 李兆敏 潘俊英(442)
水平井在边底水稠油油藏开发调整中的应用研究·····	郭龙(447)
同位素示踪剂测试技术在河 11 断块高含水后期调整中的应用 ·····	郭志华 刘志萍 刘中伟 赵凯 李秋菊(455)
动态监测技术在边底水稠油油藏高含水期开发中的应用 ·····	胡书勇 张烈辉 阴艳芳(461)
高温混合气采油技术在改善齐 40 块稠油油藏开发效果中的应用 ·····	贾海燕(469)
高 246 块底水稠油藏高含水期水平井二次开发研究与实践·····	李树山(474)
胜利油田特高含水期改善水驱开发技术 ·····	李振泉 邴绍献 吴作舟 侯春华 张海燕 姬光(487)
稠油试采采油工艺技术认识与实践·····	任宏伟 刘建坤 杨秀莉 方梁锋(494)
曙光油田杜 239 断块蒸汽吞吐转一注多采技术经济可行性研究·····	孙红光(501)
活性高分子体系提高采收率技术研究 ·····	汪庐山 田玉芹 王海波 陈雷 郭宏伟 赵玲 江汇(511)

对聚合物驱后提高采收率技术的思考

赵福麟

(中国石油大学(华东)石油工程学院, 山东东营, 257061)

0 前言

聚合物驱是一项较成熟的三次采油技术, 该技术可提高采收率 8%~15%, 但聚合物驱和聚合物驱后存在下列问题:

- (1) 聚合物驱用的聚合物溶液虽有调剖作用, 但不能控制高渗透层, 特别是特高渗透层;
- (2) 聚合物在地层中存在不可入孔隙体积, 减小了聚合物驱的波及体积;
- (3) 聚合物不存在低油水界面张力所产生的洗油能力;
- (4) 聚合物驱后地层残留着大量的聚合物;
- (5) 聚合物驱后恢复水驱存在指进现象, 油井产液中含水率上升快, 油的产量大幅度递减。

为了解决聚合物驱和聚合物驱后存在的问题, 已提出许多技术用于提高聚合物驱后的采收率。

1 聚合物驱后的提高采收率技术

至今, 共提出了 12 项有代表性的聚合物驱后的提高采收率技术:

- (1) 注聚合物再利用剂技术;
- (2) 注高相对分子质量和高浓度聚合物技术;
- (3) 注交联聚合物技术;
- (4) 注体膨颗粒技术;
- (5) 注表面活性剂技术;
- (6) 注泡沫技术;
- (7) 注聚合物-表面活性剂技术;
- (8) 注聚合物-表面活性剂-碱技术;
- (9) 注泡沫强化的二元体系技术;
- (10) 注泡沫强化的三元体系技术;
- (11) 注热技术;
- (12) 注微生物技术。

2 对聚合物驱后提高采收率技术的思考

使用上述技术的目的都是为了更多地采出聚合物驱后留在地层的 40%~50% 的剩余油。这些技术可分为改造地层技术和改造驱油剂技术两大类,如图 1 所示。

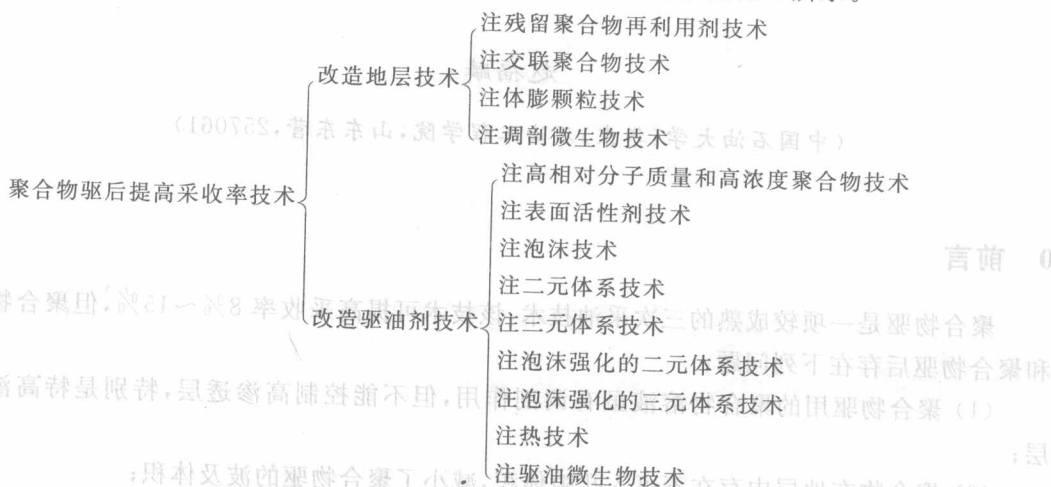


图 1 聚合物驱后提高采收率技术分类

由于水驱采收率=波及系数×洗油效率,所以聚合物驱后提高采收率技术是基于这两个原理提出的。

2.1 提高波及系数

提高波及系数可以通过两个途径实现:

(1) 封堵地层的高渗透层、裂缝和大孔道,提高波及系数。

在图 1 中,改造地层的技术都是基于此原理。

(2) 提高驱油剂粘度或降低油的粘度,改善流度比,达到提高波及系数的目的。

在上述 12 项技术中,涉及聚合物和泡沫的技术、注热技术和注驱油微生物技术均与此原理有关。

2.2 提高洗油效率

在 12 项技术中,涉及表面活性剂的技术均基于此原理。这些技术可以弥补聚合物驱提高采收率机理的不足。

在上述的 12 项技术中,由于注高相对分子质量和高浓度聚合物技术存在溶解性、注入性和剪切降解等问题,注表面活性剂技术存在波及系数低的问题,注热技术对解决聚合物驱后存在问题的针对性不强,因此在下面的讨论中,不考虑这 3 项技术。

按照先易后难、先低投入再高投入、先提高波及系数再提高洗油效率和机理互补的原则,排出了聚合物驱后提高采收率技术实施的逻辑顺序(见图 2)。

在图 2 中,各种技术都编了代号。之所以将①放在最先,是因为它实施最容易、投入最

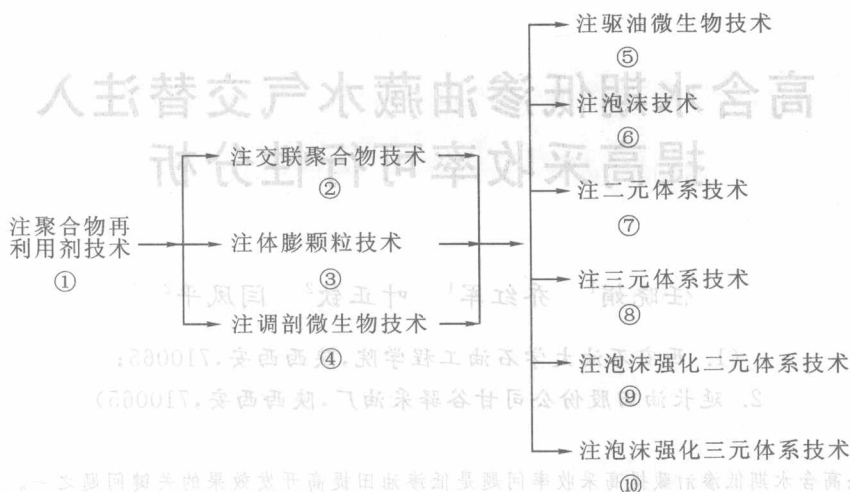


图2 聚合物驱后提高采收率技术实施的逻辑顺序

低,是一项提高波及系数的有效技术;之所以将⑩放在最后,是因为它工艺最复杂、需用设备最多、投入最高,但它是一项提高波及系数和洗油能力都很强的技术。

根据图2,可以看到聚合物驱后提高采收率技术有表1所示的6个发展趋势。

表1 聚合物驱后提高采收率技术的发展趋势

发展趋势	技术组成
1	①→②(和/或③)或④→⑤
2	①→②(和/或③)或④→⑥
3	①→②(和/或③)或④→⑦
4	①→②(和/或③)或④→⑧
5	①→②(和/或③)或④→⑨
6	①→②(和/或③)或④→⑩

从表1可以看到:

(1) 任何发展趋势都是从注地层残留聚合物再利用剂技术开始,然后考虑用②(和/或③)或④的技术补充封堵高渗透层、裂缝或大孔道,对地层充分调剖;

(2) 在充分调剖的基础上再向聚合物驱后的地层注入有提高洗油效率的驱油剂(⑤,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩)。

进一步对上述的发展趋势进行分析还可以看到,其中的第1发展趋势尚需解决微生物运移、营养源提供和温度限制等问题;第2发展趋势、第5发展趋势和第6发展趋势需向聚合物驱后地层注入气体产生泡沫,需要解决气源、压缩机和复杂的注入工艺等问题;第4发展趋势和第6发展趋势需向聚合物驱后地层注入碱,需要解决碱对地层的溶蚀、结垢和原油脱水等问题。根据上面分析,可以认为第3发展趋势是最可取的发展趋势。

若按照第3趋势发展,还需进一步研究驱油剂粘度和界面张力的协同效应。充分利用协同效应,降低驱油剂的粘度和提高驱油剂与油之间的界面张力,使驱油剂摆脱对碱的依赖成为可能。因此,应在第3趋势的发展上做更多的工作。

高含水期低渗油藏水气交替注入 提高采收率可行性分析

任晓娟¹ 乔红军¹ 叶正钦² 闫凤平²

(1. 西安石油大学石油工程学院, 陕西西安, 710065;

2. 延长油田股份公司甘谷驿采油厂, 陕西西安, 710065)

摘要:高含水期低渗油藏提高采收率问题是低渗油田提高开发效果的关键问题之一。本文通过室内岩心实验,对高含水期条件下水气交替注入方式提高采收率方法进行了探讨。结果表明,该方法在室内条件下能提高非均质水窜油藏水驱油效率 12.4%,是高含水期低渗油藏值得尝试的一种方法。

关键词:低渗油藏 高含水期 水气交替 提高原油采收率 实验研究

0 前言

水气交替注入是油藏注气提高原油采收率的一种方法。国内和国外在高含水期都进行过水气交替注入提高原油采收率试验,如大庆杏北油田、胜利八面河油田等,都取得了一定的效果,但是,这些油田都属于中高渗油藏;对于低渗高含水期油藏,该方法的适应性问题研究得较少。本文通过室内实验,对高含水期低渗油藏水气交替注入方式进行了研究分析。

1 实验方法

1.1 实验思路

设计了两套实验:一套实验是模拟地层条件下单岩心高含水条件下的水气交替实验,研究高含水期水气交替注入对驱油效率的影响;另一套实验是模拟地层条件下的组合岩心实验(见图 1),研究高含水期水气交替注入对波及效率的影响。

1.2 实验岩心

陕北某区块块 6 储层岩心,渗透率分布为 $0.424 \times 10^{-3} \sim 2.21 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,孔隙度为 $8.48\% \sim 10.5\%$,岩心长度为 $6.638 \sim 8.576 \text{ cm}$,岩心直径为 $2.514 \sim 2.520 \text{ cm}$ 。

1.3 实验流体

模拟油采用地层原油与煤油配置而成。模拟油粘度为 $4.01 \text{ mPa} \cdot \text{s}$,模拟水粘度为 $0.872 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 。

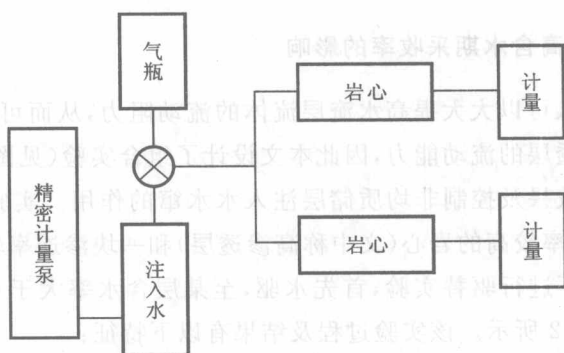


图1 组合岩心实验流程图

1.4 实验步骤

首先,将实验岩心清洗、干燥,气测渗透率和抽空饱和模拟地层水,油驱水至束缚水状态;然后,进行水驱油及水气交替注入实验,方法参考标准 SY/T 5345—1999, SY/T 6339—1998 及 SY/T 5336—1997。水、气交替注入为 2 个周期。水气交替注入段塞比为 1:1,段塞尺寸大小为 0.2~0.3 PV。

2 实验结果及分析

2.1 水气交替注入对高含水期驱油效率的影响

该实验的研究方法是:首先对原始含油状态下的岩心进行水驱油,水驱 5 PV、含水率达到 100%后,进行水气交替注入实验。实验结果(见表 1)表明,对水驱后的不出油的岩心进行水气交替注入,大部分岩心仍然有少量的油产出,水气交替注入提高水驱油效率幅度为 1.7%~7.2%,平均为 2.23%。由此可以看出,对于完全水淹或水波及过的储层,采用水气交替注入对驱油效率的提高有一定的作用,但是提高幅度有限。

表 1 岩心水驱后水气交替注入提高驱油效率实验结果

岩心号	气测渗透率 $/(\times 10^{-3} \mu\text{m}^2)$	孔隙度 /%	原始含油饱和度 /%	水驱油效率 /%	水气交替提高驱 油效率幅度/%
1-37	1.805	9.53	62.48	61.6	2.1
1-13	0.774	10.05	50.66	53.8	7.2
1-38	0.424	8.48	55.91	64.6	0
1-16	0.596	8.84	58.10	55.1	2.4
1-15	0.862	9.26	64.02	48.1	1.7
1-16-5	2.210	10.01	62.82	59.3	0
平均值				59.3	2.23

2.2 水气交替注入对高含水期采收率的影响

由于水气交替注入可以大大提高水淹层流体的流动阻力,从而可能使水流的方向发生改变和降低水在高渗透层的流动能力,因此本文设计了组合实验(见图1),研究水气交替注入对提高波及效率的效果及控制非均质储层注入水水窜的作用。实验方法是:将不同渗透率的岩心,即一块渗透率较高的岩心(文中称高渗透层)和一块渗透率较低的岩心(文中称低渗透层),在同一压力下进行驱替实验,首先水驱,至某层含水率大于95%以上时转水气交替注入,实验结果如表2所示。该实验过程及结果有以下特征:

(1) 在注入水突破之前,初始阶段高渗透层、低渗透层均出油,但随着注入的进行,高渗透层产液速度加快,而低渗透层产液速度有所降低。

(2) 水首先在高渗透层突破,突破以后,高渗透层含水急剧上升,而低渗透层产液速度明显下降。渗透率差异越大,低渗透层产液速度降低幅度越大。

(3) 高渗透层不出油,几乎只产水,当含水率达到95%以上时,低渗透层几乎不产液。此时,高渗透层和低渗透层驱替效率相差2.4%~18.0%,平均相差11.5%。

(4) 转水气交替注入后,低渗透层最终驱油效率提高幅度为4.4%~18.0%,平均为9.73%;高渗透层最终驱油效率提高幅度为12.1%~21.4%,平均为15.1%;水气交替注入最终提高高含水期组合岩心驱油效率平均为12.4%。

通过与单岩心实验结果的对比可以看出,组合岩心最终驱油效率与单岩心最终驱油效率基本相当,说明水气交替注入提高低渗透高含水期非均质储层采收率将会有较明显的效果;高含水期水气交替注入不仅提高了高渗透层的驱油效率,而且也大大提高了低渗透层的驱油效率。同时还可以看出,水气交替注入第一周期驱油效率提高幅度最大,效果最好。

表2 组合岩心各单层水气交替提高驱油效率实验结果

组合岩心 实验编号	样 号	级 差	气测渗透率 /($\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)	转注气前水 驱油效率/%	第一周期		第二周期		最终水气交替 驱替效率/%
					驱油效率/%		驱油效率/%		
					注 气	注 水	注 气	注 水	
A	1-11	2.5	0.717	34.5	46.0	47.0	51.5	52.5	18.0
	1-41		1.759	52.5	59.6	61.3	62.5	64.6	12.1
B	1-39	1.5	0.639	40.7	51.1	51.1	53.7	53.7	13.0
	1-40		0.427	57.3	62.8	63.9	65.6	65.6	8.3
C	1-13	3.4	0.644	45.2	47.6	48.4	49.6	49.6	4.4
	1-15-2		2.160	47.6	58.1	63.8	64.7	69.0	21.4
D	1-15-3	1.6	0.798	36.1	43.2	47.5	47.5	49.8	13.7
	1-14-2		0.488	45.1	48.0	51.2	51.2	53.3	8.2
平均值				44.9	52.1	54.3	55.8	57.3	12.4

3 现场实施可行性分析

3.1 水气交替注入的气体

由于在高含水期水气交替注入的目的是降低水在高渗透层的流动能力,注入气体的量有限,因此注入的气体可以选用氮气、空气、 CO_2 、天然气等。空气的成本最低,只要地层及地层流体能够消耗掉其中的大部分氧气,对原油开采就无明显的影响,所以注空气应该是高含水期水气交替注入气体最理想的选择。

3.2 水气交替注入的参数

大量的研究表明,当水气交替注入段塞比为1:1时,注入段塞的大小在0.02 PV时,具有好的驱替效果。根据室内实验结果,交替注入周期为2~3个。

3.3 可能存在的问题

可能存在的问题是在水气交替注入中注气转注水时水的注入困难问题,可以采取的方法是注入增注剂或将水气交替注入改成以注泡沫液的形式注入。

4 结论

可以得到以下结论:

(1) 水气交替注入方式是高含水期低渗透油藏提高采收率的一种值得尝试的提高原油采收率方法。

(2) 水气交替注入方式对提高低渗透水淹层的驱油效率幅度有限,室内实验平均提高2.23%。

(3) 水气交替注入能够较大幅度地提高低渗透非均质水窜油藏的水驱油效率,室内实验平均提高幅度为12.4%。

参考文献

- 1 王波,王鑫,刘向斌,等. 高含水后期厚油层注氮气泡沫控水增油技术研究. 大庆石油地质与开发, 2006,25(2):59-60
- 2 左朝辉. 应用注氮技术提高八面河油田北区采收率. 江汉石油职工大学学报,2006,19(2):32-53
- 3 Christensen J R, Stenby E H, et al. Review of WAG field. Experience Journal SPE Reservoir Evaluation & Engineering, 2001,4(2):97-106
- 4 二氧化碳驱过程中水气交替注入能力异常分析. 牛宝荣译. 国外油田工程,2002,18(5):1-6
- 5 彭远进. 注气混相驱中水气切换问题实验研究. 天然气工业,2005,25(9):86-88

CO₂ 降粘效果评价实验与预测

朱 平 刘炳官

(江苏油田分公司, 江苏扬州, 225009)

摘 要:通过实验和理论计算,系统地研究了 CO₂ 对原油的降粘效果。结果表明,CO₂ 的注入具有很好的降粘作用。在泡点压力以上,原油粘度随压力的减小而减小;在泡点压力以下,原油粘度随压力的减小而迅速增大;随着 CO₂ 注入浓度的增大,原油粘度随压力的变化幅度减小;对于特定油田油样,饱和压力下的相对粘度与 CO₂ 注入浓度近似成线性关系,且对不同油样,其斜率是近似相同的。同时,与现有的粘度计算模型相比,改进的 LBC 模型的计算精度有了一定程度的提高,特别是在高温条件下的结果更为理想,可用于计算 CO₂-原油多组分体系的粘度。

关键词:CO₂ 降粘 实验 模型 预测

0 前言

注 CO₂ 已成为一种成熟的提高采收率方法。多年的生产实践表明,注 CO₂ 可提高采收率 15%~25%。我国的大庆、胜利、吉林、江苏等油田均已开展了注 CO₂ 的室内实验、矿场试验。注 CO₂ 提高采收率的一个重要机理是 CO₂ 溶解到原油中可以使原油的粘度降低。由于驱油效率和降粘效果密切相关,因此需要测定或预测在不同 CO₂ 注入浓度下油藏流体的粘度,以评估注入 CO₂ 后的降粘效果。

1 CO₂ 降粘效果评价实验

1.1 实验样品

实验油气样品由胜利油田提供,油藏和原油基本数据、油气样及井流体组成、“+”馏分的性质见表 1 至表 3。

表 1 胜利油田提供的油藏和原油基本数据

油层深度/m	3 143~3 152
原始地层压力/MPa	31.56
地层温度/℃	116
泡点压力/MPa	11.4
气油比/(m ³ ·m ⁻³)	87.2

续表

溶解系数/(m ³ · m ⁻³ · MPa ⁻¹)	7.65
体积系数	1.324
压缩系数	1.64×10^{-3}
收缩率	24.47
地下原油相对密度	0.714 6
地面罐油相对密度	0.843 4
地下原油粘度/(mPa · s)	0.89
饱和压力下的原油粘度/(mPa · s)	0.62
地面原油粘度/(mPa · s)	6.67

表 2 油气样及井流体组成

组 分	气体(摩尔分数)/%	油罐油(摩尔分数)/%	井流体(摩尔分数)/%
N ₂	1.71	0.00	0.556
CO ₂	2.60	0.00	0.847
CH ₄	72.45	0.00	23.586
C ₂ H ₆	10.45	0.00	3.401
C ₃ H ₈	8.08	0.00	2.629
i-C ₄ H ₁₀	0.71	0.00	0.231
n-C ₄ H ₁₀	2.40	0.00	0.782
i-C ₅ H ₁₂	0.43	0.00	0.139
n-C ₅ H ₁₂	0.59	0.24	0.350
C ₆ H ₁₄	0.59	4.39	3.156
C ₇ H ₁₆	0.00	5.29	3.569
C ₈ H ₁₈	0.00	7.30	4.924
C ₉ H ₂₀	0.00	5.64	3.807
C ₁₀ H ₂₂	0.00	6.52	4.398
C ₁₁ +	0.00	70.61	47.626
总 计	100	100	100.000

表 3 “+”馏分的性质

馏 分	相对密度	相对分子质量
油罐油	0.850 6	263.8
C ₇ +	0.854 2	271.7
C ₁₁ +	0.871 0	274.7
C ₂₀ +	0.905 5	378.5