

海上油田聚合物驱配套技术研究

刘宗昭, 刘福海, 易飞, 黄波, 孙艳萍, 王成胜, 刘敏

(中海油能源发展股份有限公司采油技术服务分公司, 天津 300452)

[摘要] 2002—2010年, 经过8年攻关, 研究建立了新型耐温、抗盐聚合物室内筛选及评价技术, 海上油田聚合物驱开发方案设计和开发指标评价技术, 适用于海上平台作业的注聚装备及工艺技术, 分段防砂条件下大排量聚合物分段注入技术等10项聚合物驱配套技术, 在渤海油田获得推广应用, 取得了明显的增油降水效果。渤海油田聚合物驱矿场试验的成功实践证明: 聚合物驱配套技术与建立是聚合物驱成功实施的基础, 为海上油田高效开发做出了重大贡献。

[关键词] 海上油田; 聚合物驱; 配套技术; 提高采收率

[中图分类号] TE53 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2011)05-0050-03

1 前言

聚合物驱作为高含水油田提高采收率的一项重要技术^[1], 在我国陆地油田取得了很好的降水增油效果, 提高采收率幅度达10%以上。

2003年, 中国海洋石油总公司(以下简称中海油)首次在渤海油田开展了聚合物驱单井注入试验, 取得了良好的效果。随着海上油田开发的进行, 聚合物驱技术在海上油田获得大规模推广应用。截至2010年10月底, 渤海油田共有注聚区块5个, 注聚井30口, 受益井100口, 动用石油地质储量1.11亿m³, 取得了明显的增油降水效果, 累计增油100.27万m³, 预计增油305.6万m³, “十二五”期间, 注聚规模将进一步扩大, 成为未来海上油田高效开发的主导技术之一。

聚合物驱技术是一项巨大的系统工程, 覆盖油藏工程、数值模拟、人工举升、井下工具、配注工艺系统、实验研究技术等, 由于海上油田油藏特征、开发特征的特殊性, 海上油田实施聚合物驱存在一定的困难和挑战^[2], 因此研究建立适合渤海油田的聚合物驱配套技术是聚合物驱在渤海油田实施的前提和保证。

2 聚合物驱配套技术研究

从2003年9月开始的单井注聚先导性试验, 到2005年11月开始的井组注聚矿场试验, 在聚合物驱实施基础上, 经过8年研究, 采油技术服务分公司研究建立一套完善的海上油田聚合物驱配套技术, 为海上油田聚合物驱研究与实施做出了重要贡献。具体包括: a. 新型耐温、抗盐聚合物室内筛选及评价技术; b. 海上油田聚合物驱油藏工程技术; c. 海上油田聚合物驱开发方案设计和开发指标评价技术; d. 聚合物驱调剖、防窜技术; e. 注聚设备的研发和现场施工服务技术; f. 聚合物粘度保持技术; g. 注聚井解堵技术; h. 聚合物分层注入技术; i. 注聚井监测技术; j. 聚驱动态跟踪分析、拟合、预测、调整和评价技术。下面重点对其中6项创新技术进行介绍。

2.1 新型耐温、抗盐聚合物室内研究及筛选评价技术

海上油田原油粘度大(50~300 mPa·s)、注入水矿化度高(9 000~10 000 mg/L)、硬度大(400~1 200 mg/L), 陆地油田使用的常规线性聚合物不适用。针对海上油田油藏条件, 研究开发了耐盐/抗剪切新型聚合物, 并建立新型聚合物筛选评价标准和

[收稿日期] 2011-02-25

[基金项目] 大型油气田及煤层气开发国家科技重大专项课题“海上稠油化学驱油技术”(2008ZX05024-002)部分成果

[作者简介] 刘宗昭(1965—), 男, 河南南阳市人, 高级工程师, 长期从事三次采油方向的研究与管理工作; E-mail: liuzz@enooc.com.cn

体系,覆盖了聚物理化性能、溶液性能、渗流规律、驱油性能这4个大项、32个小项技术指标。

2.2 海上油田聚合物驱开发方案设计和开发指标评价技术

陆上油田聚合物方案以含水率95%或98%作为方案结束依据,而海上油田平台寿命只有15~20年,需要进行早期注聚,受此限制,建立了以海上油

田平台寿命为开发指标的聚合物驱预测评价方法。

在提高采收率幅度上,海上油田工作者也提出了自己的观点和认识。陆上油田大庆提高采收率10%~12%,胜利油田提高采收率6%~12%,平均为7%。根据海上油田反九点井网井距大、注液速度低等特点,明确了渤海油田聚合物驱提高采收率3%~6%的技术界限。

表1 海上油田和陆地油田聚合物驱参数对比

Table 1 Parameters comparison of polymer flooding in offshore oil field and onshore oil field

参数	油田				
	反九点井网			五点井网	
	SZ36-1	LD10-1	JZ9-3	大庆	胜利孤岛
井距/m	350~590	350~400	400	106~200	150~220
平均油层厚度/m	32.4	45.2	19.3	11~21	12.1
注聚速度(PV)/a ⁻¹	0.057	0.027	0.042	0.12~0.16	0.12
注聚浓度/(mg·L ⁻¹)	1 750	1 200~1 600	800~1 000	1 000	1 500~2 000
注聚用量(PV)/(mg·L ⁻¹)	0.172	0.14	0.21	0.6~0.7	0.3~0.45
注聚含水/%	68	8.5	79	83~95	90.4
开发阶段	中-中高	低	中高-高	高-特高	高-特高

注:PV为注入物体积与所注入试验对象的孔隙体积的比值,全称为孔隙体积倍数

2.3 适用于海上平台作业的注聚装备及注入工艺技术

传统的聚合物驱注入系统规模大,占地面积广,海上平台空间狭小、承重受限,严重不能满足规模注聚需求,成为制约海上油田规模注聚的重要技术瓶颈。通过设计配备快速分散装置、缩短聚合物溶解熟化时间,可以有效减少平台面积需求,并能大幅度降低运行载荷,满足大规模注聚的要求^[3]。

针对SZ36-1油田在用的聚合物干粉,从聚合物本身的溶解特性和优化配注系统入手,对现有的分散溶解系统进行优化和改良,实现了连续配注、在线熟化工艺。设计制造的高度集成的海上油田撬装式注聚工艺系统已申请专利。研制的平台注聚设备(见图1、图2)实现了小型化、模块化、高效化。在保证聚合物溶液的配制质量满足注入要求的前提下,将聚合物熟化时间缩短为40 min。在相同注入井数和配液能力下,系统占地面积减少21%。目前已在现场成功应用。

2.4 分段防砂条件下大排量聚合物分段配聚技术

渤海油田SZ36-1、LD10-1、JZ9-3三个注聚试验区聚合物驱采用笼统注入,从实施效果看,吸水剖面极不均匀,影响了聚合物驱的效果。目前国内

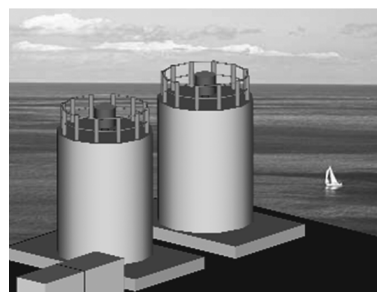


图1 注聚系统示意图

Fig. 1 Polymer injection system schematic diagram



图2 注入系统撬装图

Fig. 2 Injection system skid figure

井下单管分段注聚、井下同心双管分段注聚工艺,单层排量都较小,不能满足海上油田单层注聚 300 m³/d、2~3 层分注的要求^[4]。

针对海上油田注入井分段防砂完井特点和笼统注入层间矛盾突出的现状,开发出适合海上油田分段防砂条件下聚合物分段注入技术。研究的单管分层注聚工艺可实现 3 层分注,配注器可控制单层注入量为 300 m³/d,聚合物溶液的保粘率达 91.2%,控制压差为 4.18 MPa,大排量单管分层注聚配注方法及其注入装置已经申请专利;研究的双管分层注聚工艺(见图 3)可实现水和聚合物工作液分 3 层独立注入,在地面可直接调节各层的注入流量和压力。

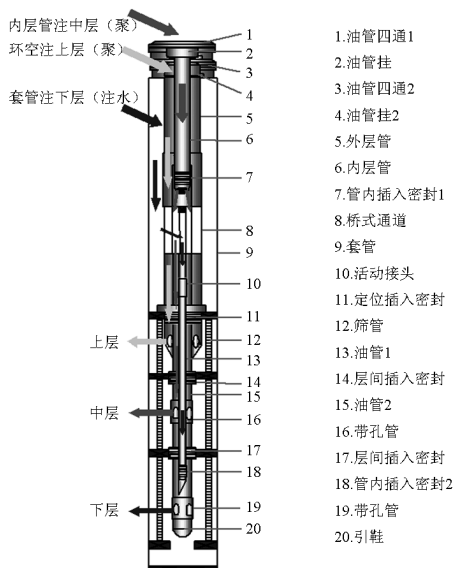


图 3 同心双管分层注聚井下管柱示意图

Fig. 3 Concentric double-pipe separated-zone polymer injection down-hole string schematic diagram

目前双管分层注聚工艺已在 LD10-1、SZ36-1、JZ9-3 的 18 口井上得到了成功应用,效果良好。注入压力为 12.77~28 MPa,单层注聚量已达到 704.1 m³/d。累计注聚 250.58 万 m³,累计注水 200.48 万 m³,满足现场的生产需要。

2.5 聚合物驱过程中的在线调驱技术

由于油藏纵向和平面的非均质性及油水粘度的差异,造成聚合物工作液沿注入井和生产井间阻力较小的高渗透层或裂缝突进或指进,绕过低渗透区域,从而降低注入聚合物溶液时的波及体积和聚驱效果。

在线调驱技术是在原近井地带化学调剖基础上

发展起来的一项新技术,可以有效地解决近井地带调剖无法解决的层内绕流和窜流现象。在井下封堵高渗透层,改变聚驱流动方向,迫使聚合物进入原来的中低渗透层,提高油井产量和采出程度。该技术 2009 年 3 月在渤海锦州 9-3 油田 W4-2 井成功应用并取得了很好的改善聚驱和增油降水的效果。

2.6 聚驱动态跟踪分析、拟合、预测、调整及评价技术

聚合物驱阶段性强,与水驱相比,开采时间短、调整余地小、调整难度大。针对海上油田聚合物驱特有的动态反应特点,发展了聚合物驱跟踪调整、综合治理技术。针对部分井存在阶段性聚窜状况,及时开展了调剖、识别和封堵等措施。实践证明,以上跟踪调整技术对不断提高聚合物驱的总体开发效果起到了非常积极的作用。

3 结语

1) 研究集成了 10 项适合渤海油田聚合物驱配套工艺技术,具备了聚合物驱室内研究、方案设计、现场实施、监测评价等一体化能力。

2) 渤海油田聚合物驱矿场试验的成功实现,是海上油田开发方式和开采技术的一项革命性的进步,已初步获得预期效果。截至 2010 年 10 月,累计增油 100.27 万 m³,聚合物驱技术已发展成为海上油田高效开发的主导技术之一。

3) 根据聚合物驱筛选标准,渤海 34 个油田中有 19 个单元适合聚合物驱,覆盖地质储量为 12.7 亿 m³。注聚规划 2020 年累计增产原油 3 570 万 m³,提高采收率 5.1%,开展聚合物驱配套技术为经济效益最大化提供了保障,对海上油田提高采收率具有重大意义。

参考文献

[1] Sorbie K S. 聚合物驱提高石油采收率[M]. 高树棠,苏树林,杨景纯,等编译. 北京:石油工业出版社,1996:50-51.
 [2] 周守为,韩明,张健,等. 用于海上油田化学驱的聚合物研究[J]. 中国海上油气,2007,19(1):25-29.
 [3] 王颖,叶仲斌,舒政,等. 海上油田加快疏水缔合聚合物溶解方法研究[J]. 海洋石油,2007,27(2):42-44.
 [4] 郑伟林. 单泵同心双管分层注聚工艺的理论分析及应用[J]. 西安石油大学学报(自然科学版),2010,25(3):41-45.

(下转 65 页)