

技术方法

我国海上油田开采模式与强化采油技术研究

伊继涛¹,袁春鸿²,赵宪堂¹

(1. 山东正元地理信息工程有限责任公司, 山东 济南 250101; 2. 山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014)

摘要:与陆上油田相比,海上油田的开采难度大、设备维护费用高,这就决定了海上油田必须以最短的时间产生最大的经济效益,获得最大采收率。因此,该文研究了海上油田的开采模式和三次采油的配套技术,提出了加快一次采油,模糊二、三次采油界限的新模式,并对适合海洋油田的聚合物的性能进行了分析,为油田的增效提供了参考。

关键词:海上油田;三次采油;开采模式;强化采油

中图分类号:TE53

文献标识码:B

我国是石油消费大国,2009年我国石油表观消费量达到38 810.9万t,进口原油20 378.9万t,净进口原油达19 862.0万t,进口依存度首次突破50%,石油产品成为我国最重要的进口大宗资源类商品之一,并且我国对石油需求量仍在不断增加。经过几十年的开采,东部地区陆上油田的开采已进入中后期。研究表明,未来中国石油储量增长的主要领域在西部和海上,而海上油田又是开发的重点。从近期勘探和资源潜力分析来看,石油勘探应主要在前陆盆地、大型隆起带、地层岩性油藏、渤海湾盆地浅层、海相碳酸盐岩及海域(包括滩海)。这些将是中国今后进一步加强勘探的主要目标区。但是海上油田的开采具有相当大的难度,笔者结合海上油田的开采现状,提出了加快一次采油,模糊进入二、三次采油阶段界限的新模式,并对强化采油的一些技术进行了研究说明。

1 开采现状及影响因素

我国从20世纪50年代开始对海洋石油进行勘探,到70年主要进行的是基础勘探工作,海上油田还未进入大规模的生产阶段。从1970年代末开始,我国的海洋石油开发进入了一个新的发展阶段,大量新技术的应用使海上油藏的开发有了很大的进步,探明储量和产量也有了较大提高。目前我国近海油气田的开发主要集中在渤海、珠江口、琼东南、

莺歌海、北部湾和东海6个含油气盆地,已形成了4个油气开发区:渤海油气开发区、珠江口油气开发区、南海西部油气开发区和东海油气开发区。据保守估计,根据勘探预测,在上述海域石油资源量达到275.3亿t,天然气资源量达到10.6万亿m³,而目前原油的发现率仅为9.2%,因此中国近海海域极具勘探开发潜力。

与陆上油田相比,海洋油田的开采环境条件复杂,受影响因素较多,除受油田自身条件限制外,还主要受海洋气候、输油设备腐蚀以及与周边国家的关系等因素影响,因此,为海上油田的开采增加了难度,对开采技术有了更高的要求。

2 海上油田开采模式研究

从石油工业的发展历史看,陆上油田的开发模式一般要经过依靠自身能量开采、注水开采和强化采油3个阶段,即通常所说的一次采油、二次采油和三次采油。受这个模式的影响,油田的开采年限都比较长,一般一次采油要经过3~5年,二次采油要5~30年或更长时间,三次采油也要5~10年甚至更长时间。对于海上油田来说,其开采条件相对较差,而且石油的运输很不方便,再加上海上钻井设备和输油管道的维护费用相当高,如果也采用陆上油田的开采模式,在现今的技术无法大幅度提高采收率的情况下,延长开采年限无疑就使经济效益大大

* 收稿日期:2011-07-27;修订日期:2011-09-17;编辑:陶卫卫

作者简介:伊继涛(1981—),男,山东桓台人,工程师,主要从事工程物探、石油地质开发研究工作;E-mail:yijitao123@163.com。

减少。这决定了海洋石油开采应该以提高原油采收率 and 经济效益为中心,在平台的有效使用期内,兼顾利益最大化和采收率最高化,高能、高效的开发油田。因此必须研究一种新的模式,在最短的时间内,运用各种技术手段,提高油井的产量,使采收率达到并超过常规水平,尽量减缩油田的开采年限,以提高经济效益。

(1)利用水平井和分支水平井技术加快采油速度,提前结束一次采油。海上油井的钻探难度相当大,因此,要尽可能少打井,加快研究水平井和分支井的利用技术,尽量在原有井的基础上进行钻探,通过提高单井的产油量来提高采收率。提前结束一次采油。对于油藏特征简单、纵向渗透率大、横向变化小且具有凝析气顶的底水层状油藏应该使用长度大一些的水平钻井。而对于形状不规则的如低渗、稠油、薄层、枯竭及裂缝等油藏建议使用长度小的分支水平钻井,这样有助于制定合理的开发方案,以较低的成本有效开发多产层的油藏。同时,因为各水平井共用一个井口及上部井段,可以大大降低钻井成本,减少对于环境的破坏。因此水平井和分支井技术是降低钻井成本,提高油田整体开发效益的重要途径,对于以在短时间内求得最大经济效益为目的的海上油田来说是一个可行的技术手段^[1-2]。

一次采油时间的相对缩短,就是提前进入二次采油阶段,所以为了加大原油的日产量,就需要提前对油井进行注水开发,要在保持地层能量和驱替机理的作用下,使油井维持较长时间的高产期。在此期间,要根据地下水平井和分支水平井的具体位置,合理布局井网,控制注水速度,提高油藏的动用程度,增加产量,争取在较低含水期使更多的油被驱替出来,获得更好的经济效益。

(2)缩短二次采油时间,提前进入三次采油阶段。事实上,油田的二次采油和三次采油之间并无严格界限,只是在过去还没有解决注聚合物配套技术的条件下,必须由注水开发阶段过渡到三次采油阶段。而今在三次采油技术相对成熟的情况下,应尽量提早进行聚合物驱替剂的使用,在高渗透率层还未完全突破的情况下,提前进行聚合物的注入,会减小不同渗透率层段的推进不均匀程度,合理地调整吸水剖面,启动低渗透率层,扩大水驱波及范围,提高原油的采收率。另外,我国海上油田的特征复杂,以产能较高的渤海湾海上油田来说,其大多数的

油田都属于粘度大于 50 mpa. s 的稠油油藏,注水开发难度比较大,因此聚合物驱无疑成为海上油田最好的驱油手段(表 1)。

表 1 我国部分海上油田的油藏特性

油田名称	井深 (m)	地下粘度 (mpa. s)	原油密度 (g/cm ³)	渗透率 10 ⁻³ um ²	油藏温度 (°C)
Sz36-1	1400~1600	75~125	0.92	780~10000	65
埕北	1660	57	0.925~0.98	1000~2400	78
蓬莱 19-3	900~1500	9.1~147	0.915~0.982	2~2525	60~62.8
H26-1	2350~2400	1.67~3.76	0.87~0.88	19.9~5568	60~100

从表 1 可以看出,海上油田原油地下粘度比较大,特别是渤海的稠油油田,用常规的三次采油模式很难达到目的。但是,海上油田的油藏渗透率一般都比较大,这也为海上油田聚合物驱油提供了很好的条件^[3-5]。

由此,海上油田可采取如下开发模式:①在平台使用期限内,以提高效益为中心,应用各种技术,如水平井和分支水平井技术,大幅度提高油井的产量,维持较长时间高产期,提前进入二次采油阶段;②在充分认识海上油田地质特征的基础上,最大限度发挥三次采油的作用,模糊二、三次采油阶段,达到强化采油的目的。

3 海上油田强化采油技术研究

由于二、三次采油时间段的模糊,为保持油田的高产稳产,在油田进入注水开发阶段以后,必须尽快结合油藏本身的特点和油田自身条件,选择合适的三次采油方式,争取最大程度地提高采收率,目前世界上已形成了三次采油的四大技术系列,即化学驱、气驱、热力驱和微生物采油^[6](图 1)。

3.1 聚合物驱油技术

聚合物驱油是通过在注入水中加入高分子聚合物,增加注入水的粘度,可以控制水淹层段中水相的流速,改善油水流量比,提高水淹层段的层内波及效率,同时还能降低水淹层的油水总体流速,缩小高、低渗透率层段中水线推进速度差,调整吸水剖面,提高层间波及系数(表 2)^[7]。

从表 2 可以看出,大部分海上油田的油藏性质指标都符合聚合物驱油的要求,因为聚合物驱油技术相对其他三次采油技术较为成熟,因此,应加强海上油田聚合物驱油技术的研究,在最短时间内达到

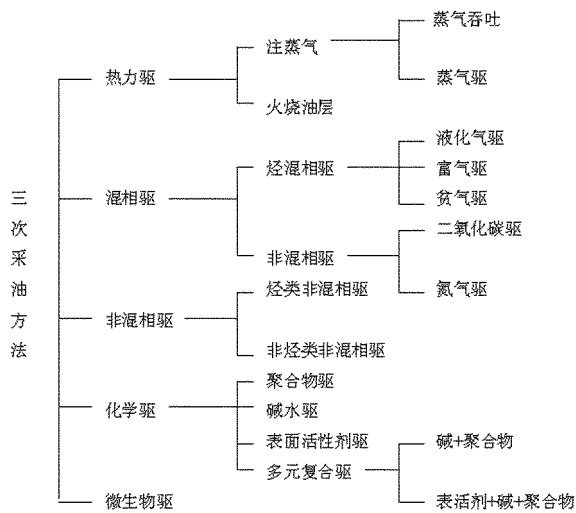


图 1 主要的三次采油方法

最大限度提高采收率的效果。但是与陆上油田相比,海上油田在注聚合物方面由于自身的因素影响,对聚合物的要求比陆上油田要高得多,主要表现在以下几个特点:

表 2 聚合物驱油对油藏特性的要求

筛选参数	单位	聚合物	备注
地下原油粘度	mPa·s	<100	现场一般为 10~100
油层温度	℃	<93	现场一般<80
平均渗透率	10 ⁻³ um ²	>40	
地层水矿化度	mg/L	<100000	现阶段为<30000
岩石类型		砂岩或碳酸盐岩	

(1)由于海上石油钻井平台距离陆地较远,而且为了环保,采出的水不能直接排放,要进行回注,所以,配制聚合物的水只能用采油分离出来的高矿化度的污水进行,而且海底油藏油层的矿化度也比较高,这就要求聚合物必须有很高的耐盐度。

(2)海底油藏的温度一般比较高,因此要求聚合物的抗高温性较强,由于一般种类聚合物在高温下发生明显水解和分子降解反应,抗温抗盐性能较差,只适合于低温油藏。因此,对于注入海底油层的聚合物应该是耐高温的。

(3)海底油藏的性质与陆上油藏有一定的差别,特别是其密度一般都比较,粘度也比较大,基本上都属于稠油油藏,这对聚合物的增粘能力要求就很高,因为地下稠油的粘度很高,为了实现流度控制,必须要求聚合物本身有更高的注入粘度。

(4)聚合物还应该有很好的溶解性和抗剪切能力,一般聚合物与水混合配制成注入溶液,其充分溶

解需要一段时间,所以陆上油田注聚合物都建有大型的储液罐,以使其充分混合。而石油钻井平台可利用空间不大,所以不可能有储藏的时间,就要求聚合物与水能快速混合溶解,以满足注入要求。另外,由于注入的聚合物要受到注入泵、井壁、油层射孔和层内孔隙的多重影响,其内部分子之间的结合力会有所下降,为使其保持良好的驱替作用,要求聚合物应具有很好的抗剪切力。

综合以上因素,海上油田应使用耐高温、抗高盐的高性能聚合物。近几年,随着科技的进步,一些适应复杂条件下的驱油用聚合物的研制开发有了突破性的进展,特别是适合高温高矿化度油藏化学驱用的聚合物的研制成功,加大了聚合物和符合化学驱油的应用范围^[9,10]。

3.2 热力驱

热力驱一般包括蒸汽驱和火烧油层 2 种方法。对于稠油油藏来说,蒸汽是一种有效的驱动液体。注入油层的蒸汽在完全冷凝之前,在油层内扩散蔓延,与温度较低的储层岩石接触时开始冷凝并释放出潜热,而蒸汽温度保持不变,从而将岩石及所含流体(原油和地层水)加热到蒸汽温度。冷凝水流向生产井,形成一个不断扩大的蒸汽带。最接近注入端的原油被汽化并向前推进,前进的蒸汽在蒸汽温度下冷凝成水,形成一个热的冷凝带(即热水带),热水带在其流动中向前驱动原油^[11]。

火烧油层是油层本身产生热的一种热力采油方法,是使地层内部的油燃烧,并维持其燃烧将油层加热,降低原油粘度,从而提高稠油油藏采收率的方法。

3.3 微生物驱油

微生物驱油是利用注入地层中的微生物菌种降解原油中的长链烷烃(蜡),分解出短链烷烃,产生轻质组分,这样可降低原油粘度及表面和界面张力,增加原油在地层孔隙中的流动性,提高油井产量,并达到最终提高原油采收率的目的^[12]。

3.4 其他驱油技术

由于海上油田的构造相对复杂,开采条件也比较恶劣,所以一种采油手段往往不能适用于所有的油田,所以要在以目前研究较为成熟的聚合物驱油为基础,加快开展其他技术的试验研究,如物理场驱油技术、高能气体压裂技术、水力震荡解堵技术、

人工地震采油技术、电液冲技术、井壁深切穿技术、爆炸疏松地层技术化学生物解堵技术等。在应用过程中,要注重多种方法的综合使用,使各技术发挥最大的潜能,以提高采收率,获得更大的经济效益^[13]。

4 结语

与陆上油田不同,海上油田自身的条件限制和多种外围因素的影响,决定了海上油田的开发必须以短时间内获得最大经济效益的原则为模式,而现在强化采油技术在陆上油田的广泛应用,为海上油田的发展指明了方向。为了取得更高的经济效益,海上油田也应该尽早的展开适合自身特点的海上油田强化采油技术的研究。在选择三次采油方式时,应以聚合物采油为主要的研究对象,使用各种技术手段和适合油藏条件的聚合物产品,以尽可能的提高石油采收率。

参考文献:

- [1] 王敏生. 分支水平井技术在胜利油田特殊油藏的应用[J]. 西部勘探工程, 2005, (2): 59-61.
 [2] 郭太现, 刘春成. 蓬莱 19-3 油田地质特征[J]. 石油勘探与开

- 发, 2001, 28(2): 26-28.
 [3] 姚光庆, 马正等. 南海 HZ26-1 油田储层沉积特征研究[J]. 中国海上油气(地质), 1994, 8(6): 387-393.
 [4] 谢俊, 张金亮. 剩余油描述技术与预测方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003: 149-160.
 [5] 谢晓庆, 冯国智, 张贤松. 海上油田早期注聚提液技术政策界限研究——以渤海 A 油田为例[J]. 中国海上油气, 2011, 23(1): 36-39.
 [6] 葛丽珍, 李廷礼, 李波, 等. 海上边底水稠油油藏大泵提液增产挖潜矿场试验研究[J]. 中国海上油气, 2008, 20(3): 173-177.
 [7] 康晓东, 张贤松, 冯国智, 等. 基于均匀设计的聚合物驱注入参数优化方法[J]. 中国海上油气, 2008, 20(2): 99-101.
 [8] 张磊, 梁伟, 李强, 等. 一种适于海上油田酸化的新型有机酸液[J]. 石油化工应用, 2011, 30(3): 87-90.
 [9] 周守为, 韩明. 渤海油田聚合物驱提高采收率技术研究及应用[J]. 中国海上油气, 2006, 18(6): 386-389.
 [10] 张波, 由庆, 张健, 等. 海上油田聚合物驱降压增注技术[J]. 断块油气田, 2010, 17(5): 624-627.
 [11] 崔传智. 热力驱后稠油油藏聚合物驱油技术研究[J]. 石油钻探技术, 2004, 32(5): 42-44.
 [12] 尚波, 李立, 徐文芳, 等. 微生物驱油模拟实验研究及现场试验[J]. 北京石油化工学院学报, 2011, 19(3): 43-45.
 [13] 赵福麟, 张贵才, 周洪涛, 等. 二次采油与三次采油的结合技术及其进展[J]. 石油学报, 2001, 22(5): 38-42.

Study on the Development Modes and the Enhanced Oil Recovery Techniques in the Offshore Oilfields of China

YI Jitao¹, YUAN Chunhong², ZHAO Xiantang¹

(1. Shandong Zhengyuan Geographic Information Engineering Co., Ltd, Jinan Shandong 250101, China; 2. Shandong Provincial Geo-Engineering Exploration Institute, Jinan Shandong 250014, China)

Abstract: Compared with onshore oilfields, the offshore oilfields are more difficult to develop, and cost much more money to maintain the equipments, thus, the offshore oilfields are demanded to gain more economic benefits and get high recovery with less time. In this paper, exploration modes and the matching technology of the tertiary oil recovery have been studied, a new offshore oil exploitation mode which will shorten the span of primary recovery and blur the limit of secondary and tertiary oil recovery have been put forward. The property of polymers which are suitable to the offshore oilfields has been analyzed. It will provide some references for increasing the benefits of the offshore oilfields.

Key words: Offshore oilfields; tertiary oil recovery; exploitation mode; enhancing oil recovery