

海上低渗透油田特点及开发策略探讨

李志明^{1,2}, 杨磊², 张金庆², 康安², 杨凯雷²

(1. 中国地质大学(北京)能源学院, 北京 100083; 2. 中海油研究总院, 北京 100027)

摘要:目前海油低渗探明储量和低渗的产量分别占海油总探明储量和总产量比例虽然小,但在海油实现 5 000 万 t 年产后稳产阶段所起的作用将会越来越大。对于海上 10 ~ 50 mD 之间的一般低渗为主要考虑的勘探开发对象,当渗透率是 5 ~ 10 mD 之间的特低渗油田时需要优选出构造相对简单、储层比较连续的区块开发;对于复杂断块特低渗透油田和小于 5 mD 的超低渗油田,在目前海上经济技术条件下暂不具备勘探开发条件。在海上低渗透油田开发中需考虑压裂、注水的综合应用,尽量采用水平井和分支井开发,并且在开采过程中注意低渗储层的保护。

关键词:海上; 低渗透油田; 地质油藏特征; 开发策略

中图分类号: TE348

文献标识码: A

目前海油的低渗探明储量约占总探明储量的 6%,低渗的产量约占海油总产量的 1%。近年陆上低渗储量发现的数量越来越多,已占新增探明储量的 70%,该类油田的产量增长迅速,已经成为中石油、中石化近年主要产量增长点。根据陆上油田勘探开发的经验,随着海上勘探程度的深入,低渗透油田(油藏)发现的个数和储量将会越来越多,所建成的产能占整个海油产能的比例将会越来越高,对海油实现 5 000 万 t 年产后稳产阶段所起的作用将会越来越大。因此在分析海上低渗透油田的特点基础上提出相应的开发策略意义重大。

1 海上低渗透油田特点

海上低渗透油田储量构成特点是:储量分布相对集中,主要分布在渤海和南海西部海域,储量丰度以中低丰度为主。

低渗储量与中高渗储量空间上间互分布,为依托或接替开发低渗储量提供了地质条件(图 1)。

储量品质差中有好,提供了开发的潜在目标,如 WZ11-7 油田 4N-6 砂体储层厚且集中、物性相对较好,储量品质相对较好。

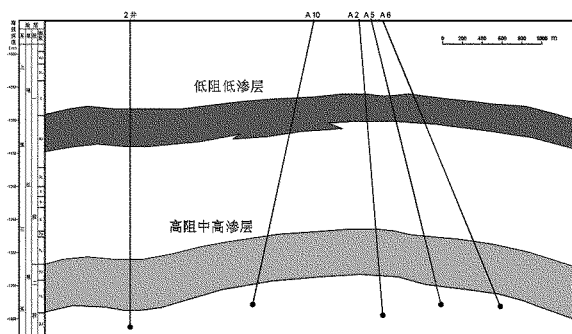


图 1 海上 WC 油田油藏剖面示意图

海上低渗透油田构造特点是渤海、南海西部涠西南凹陷以复杂断块或断块为主,南海西部珠三坳陷、南海东部以比较简单的背斜为主。

海上低渗油田储层成因多样,主要包括两类:第一类为海相低渗透砂岩油藏,包括:①海相临滨细粉砂岩,胶结疏松,但粒度细、喉道小造成低渗,如 WZ13-6 油田;②海相大型三角洲中粗砂岩,埋深大,压实作用强烈造成低渗,如 HZ19-1 油田。海相低渗油田整体表现为构造简单,一般为背斜,储层平面分布稳定(图 2),连通性好,水体大、天然能量足,为多油水系统。第二类为陆相低渗透砂岩油藏,包括:①陆相相对远源的辫状河三角洲前缘沉积,由

* 收稿日期:2011-02-18;修订日期:2011-03-28;编辑:王秀元

基金项目:[国家科技重大专项项目]西非及亚太大陆边缘盆地海上典型油气田高效开发研究(2008ZX05030-05)和[中海油综合科研项目]海上三低油田开发关键技术评价研究(2008YXKJB-02)共同资助。

作者简介:李志明(1975—),男,湖南湘潭人,博士研究生,主要从事能源地质方面研究;E-mail:lizhm3@cnoc.com.cn。

于强压实造成低渗,如BZ25-1油田沙二段;②陆相近源快速堆积的扇三角洲前缘沉积、湖底扇沉积,分选差、泥质含量高且经过强压实作用造成低渗,如渤中25-1油田沙三段。陆相低渗透油田一般构造较复杂,为断块或复杂断块油田,天然能量不足,油水系统复杂。其中陆相远源沉积砂体平面分布较稳定,连通性相对较好,陆相近源沉积砂体平面变化快,连通性不好(图3)。

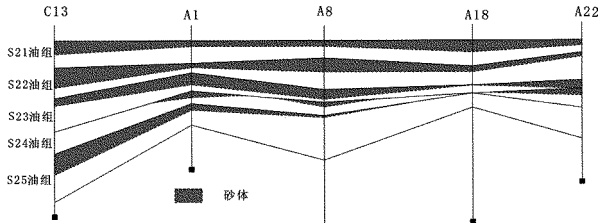


图2 海上典型陆相远源沉积砂体对比图

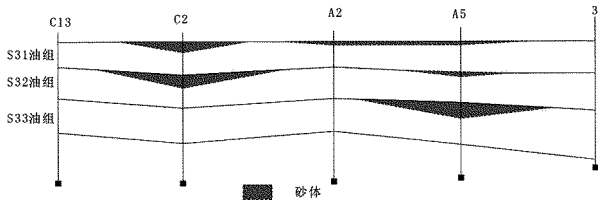


图3 海上典型陆相近源沉积砂体对比图

低渗致密砂岩储层构造裂缝相对发育,从图4可以看出,砂砾岩中发育层内小断层,断层倾角 60° ,断层面擦痕明显,断裂致密低渗带有5 cm宽。

海上低渗油田油藏特征是埋深大部分在2 000 m以上,埋深以中深为主。油藏类型受构造和岩性双重控制因素为主,原油流体性质好,地层原油粘度大部分小于 $1 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 。

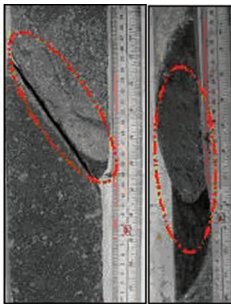


图4 海上典型致密砂岩岩心照片

2 海上低渗透油田开发策略

海上低渗透油田的开发策略包括开发的总体思路,以及采用适于海上低渗透油田开采的技术。

对不同渗透率级别的低渗油田总体开发的思路

为: $10 \sim 50 \text{ mD}$ 之间的一般低渗透油田可以按常规物性油田的开发思路开发; $5 \sim 10 \text{ mD}$ 之间的特低渗油田,可以根据具体油田的实际地质油藏特征优选相对好的区块或层段开发;小于 5 mD 的超低渗油田,在目前海上经济技术条件下暂不具备勘探开发条件。

当渗透率类似时:从影响低渗透油田开发效果的地质油藏因素来说,宏观上优先开发构造越简单、构造规模越大、构造越完整(如从复杂断块向断背斜或背斜或穹窿的转变,构造条件越好),沉积形成的储层平面分布越稳定、非均质性相对越弱、连通性相对越好(如近源的扇三角洲或湖底扇或冲积扇向远源的辫状河三角洲或正常三角洲向海相沉积转变,储层条件越好)的低渗油田,目前海上以海相低渗透砂岩油田的构造储层开发条件最为有利,其次是陆相远源的断块油田,复杂断块油田开发难度大;微观上优先开发孔喉分选好、喉道半径大、矿物成分成熟度高的低渗透油田。探索应用适于海上低渗透油田生产的开采技术,主要包括以下几个方面:

(1) 注重地质油藏基础研究。利用高分辨率三维地震资料、钻井资料、测井等资料进行精细构造解释,这是海上三低油田勘探开发的前提和基础。可以从宏观把握整个低渗透油田的好坏。综合地质、地震、钻井、测井、测试、化验分析等资料进行沉积相研究,分析储层平面分布、非均质性和连通性。通过以上研究优选低渗透油田相对富集区块,同时考虑依托或接替开发。

对于低渗致密砂岩储层应用露头 and 岩心观测、常规测井和成像测井、地应力测定和地质建模等技术,研究地下储层潜在裂缝分布特征及对压裂、注采井网布置的影响^[1-3]。同时利用核磁共振技术,研究低渗储层可动流体饱和度分布情况来确定低渗储层的驱油效率(图5)。

(2) 超前注水的应用。对于低压或常压的天然能量不足的低渗油藏可考虑超前注水,其优点有:①可建立有效的压力驱替系统,单井获得较高的产量;②降低因地层压力下降造成的渗透率伤害;③有利于提高油相相对渗透率;④有利于提高最终采收率。

(3) 尽量采用水平井和分支井开发低渗油田^[4,5]。对于地下构造特征和储层分布认识较清的情况下尽量采用水平井或多枝井开发,能减少开发井数,获得较高单井产能,减轻储层非均质性和连通

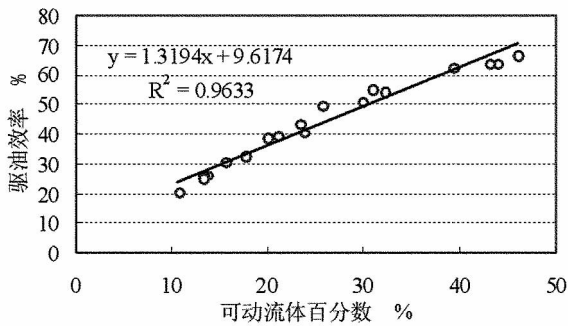


图5 可动流体与岩心驱油效率关系图

性对生产的影响,提高单井的稳产期(图6)。

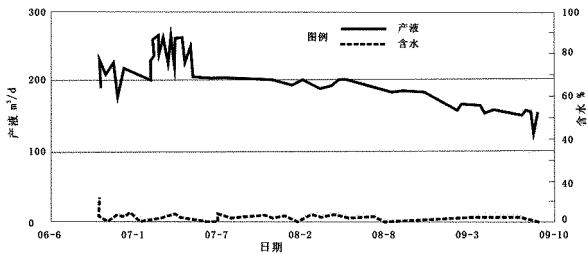


图6 海上WC低渗油藏水平井开发生产曲线图

(4)单井压裂和整体压裂、重复压裂与注水的有机结合^[6-9]。对于低渗透油田将压裂技术与注水和开发井网布置有机结合,可以在人工或人工与天然的复合裂缝系统的主展布发育方向适当延长注采井距,从而获得较好的开发效果和经济效益。

(5)积极应用小井眼、无油管、移动采油以及捞油等低成本的钻采工艺技术。

(6)注意低渗储层的保护。海上低渗透油田储层一般泥质胶结物多、孔喉细小、结构较复杂,在钻井和开采过程中,容易受到污染和损害,而且一旦受到损害,恢复十分困难,因此对低渗透储层要十分注意做好保护工作。①钻完井过程中的储层保护。尽量采用优质的钻井液和完井液,在完井过程中改善水泥浆性能。改进固井技术,使用合理压差固井,提高水泥顶替效率,采用低密度水泥固井技术,注意射孔过程中的油层保护技术^[10,11]。②压裂过程中的储层保护。选用残渣低、滤失量小的压裂液;在压裂液中加入粘土稳定剂、表面活性剂、破乳剂和助排剂等添加剂;压裂后要及时彻底返排压裂液。③酸化过程中的储层保护。各种离子沉淀都有一定条件,尤其是pH值的影响最大,因此,合理控制pH值,及时而彻底的排酸,是防止沉淀伤害储层的有效措施。④注水过程中的储层保护。低渗透油层本来吸水能力就低,又容易遭受损害,所以在注水过程中要严格控制水质标准。对低渗透油田的注水一般都要经过

精细过滤、除氧、杀菌,对所有地下地面的管线设备要进行防腐处理。⑤生产和井下作业过程中的储层保护。在日常生产及井下作业过程中要和射孔、压裂一样,保证下井的油管、工具和压井液体的清洁干净,不发生漏失、堵塞和化学伤害现象。

3 结语

(1)海上低渗储量与中高渗储量空间上间互分布,储量品质差中有好,为低渗透油田相对优质的区块或层段的筛选提供了地质基础。

(2)海上10~50 mD之间的一般低渗为主要考虑的勘探开发对象;同时对5~10 mD之间的特低渗油田,优选出构造相对简单、储层比较连续的区块开发;对于复杂断块特低渗油田和小于5 mD的超低渗油田,在目前海上经济技术条件下暂不具备勘探开发条件。

(3)海上低渗油田开发中考虑压裂、注水的综合应用,尽量采用水平井和分支井开发,在开采过程中注意低渗储层的保护。

参考文献:

- [1] 熊健,郭平,谢云红,等.低渗透油藏开发井网型式数值模拟研究[J].石油天然气学报,2010,32(6):461-464.
- [2] 夏国朝,孔凡华,朱从军.早期裂缝识别技术在低孔低渗油藏中的应用[J].大庆石油地质与开发,2008,27(6):69-71.
- [3] 陈国利,梁春秀,刘子良.裂缝和砂体方向性明显油藏注采井网的优化[J].石油勘探与开发,2004,31(4):112-115.
- [4] 赵春森,许秋石,孙广义,等.低渗透油藏水平井交错井网优化研究[J].特种油气藏,2010,17(6):63-65.
- [5] 凌宗发,胡永乐,李保柱.水平井注采井网优化[J].石油勘探与开发,2007,34(1):65-72.
- [6] 程远方.各向异性低渗透油藏整体压裂后的压力计算单元[J].新疆石油地质,2010,31(6):607-609.
- [7] 计秉玉,王春艳,李莉.低渗透储层井网与压裂整体设计中的产量计算[J].石油学报,2009,30(4):578-582.
- [8] 汪勇章,盛建明,吕军,等.文33块沙三段油藏整体压裂改造技术[J].特种油气藏,2006,13(3):78-81.
- [9] 王益维,张士诚,李宗田,等.低渗透油藏整体压裂数学模型研究与应用[J].钻采工艺,2010,33(3):64-71.
- [10] 蓝强,李公让,张敬辉,等.无黏土低密度全油基钻井完井液的研究[J].钻井液与完井液,2010,27(2):6-9.
- [11] 罗立公,关增臣,苏常明.油基钻井液在特殊钻井中的应用[J].钻采工艺,1997,20(3):71-74.

Study on Characteristics of Offshore Low – permeability Field and Development Strategy

LI Zhiming^{1,2}, YANG Lei², ZHANG Jinqing², KANG An², YANG Kailei²

(1. Energy Resources College of China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. CNOOC Research Institute, BeiJing 100027, China)

Abstract: The proved reserve and production of low – permeability reserves in CNOOC account for a small part in CNOOC's total preserved reserve and production at present. But it is becoming more and more important to keep the stable production of 500,000,000 ton each year. The main exploited low – permeability reserves in offshore are the reserves with permeability from 10mD to 50 mD. If the permeability is between 5 mD to 10 mD, it is necessary to choose the continuous reserves with relative simple structures to exploit. It is not recommended to exploit the complex blocks with lower permeability less than 5 mD according to present economic and technique. The integrated application of fracturing and water injection is vital to the development of the low – permeability reserves, the horizontal well and side track well were recommended for the exploitation, and special protection measures should be taken during development.

Key words: Offshore; low – permeability field; geological reservoir characteristics; development strategy