

英东萨尔图油藏水驱开发效果评价

王高峰¹ 马德胜¹ 高 建¹ 国永红² 张祖波¹

(提高采收率国家重点实验室(中国石油勘探开发研究院)¹,北京100083;吉林油田分公司英台采油厂²,白城137317)

摘要 吉林油田英东萨尔图油藏已处于特高含水开发阶段。在稳定并提高单井产量的背景下,综合应用油藏精细描述、室内实验分析、生产动态分析和油藏数值模拟等技术手段,对储层敏感性、井网加密潜力、剩余油分布、水驱采收率以及油藏动静态的关系等重要方面进行了客观评价。并首次提出了“小层储量集中度”和“砂体储量集中度”两个开发地质学概念,分别用于量化开发矛盾的转移和实践中对高渗段进行封堵的地质倾向性。研究成果对于正确认识英东萨尔图油藏的注水开发工作和明确下一步挖潜思路,提高开发效果意义重大。

关键词 水驱开发效果 非均质性 井网加密 剩余油 采收率 英东萨尔图

中图法分类号 TE341; **文献标志码** A

1 油藏概况

吉林英东萨尔图油藏位于松辽盆地南部中央凹陷区红岗阶地北部,东接古龙凹陷,构造平缓;东临嫩江,为一边底水油藏,埋深1 300 m。主要含油层系为萨I组及萨II组油层。油层中部深度1 300 m,属正常温压系统。平均渗透率25 mD,地质储量2 000万吨,地面原油密度0.85 g/mL。于2000年底投入开发,初始含水50%。

2 开发现状

英东萨尔图油藏于2002年开始注水,萨II、萨I2和萨I4三个主力油组均被动用。目前综合含水为92%,已处于特高含水阶段,绝大多数井日产油量低于1t。目前动液面接近油藏埋深,丧失提液潜力,开发效果亟待提高。测压发现注水可较好保持

地层能量,但一些油井处地层静压高于原始地层压力。

3 水驱效果评价

3.1 储层敏感性评价

矿场和室内实验一致表明,储层在注水开发下有敏感性显示。统计13口水井发现,在注入量持续下降和地层压力降低的情况下,注入压力却持续升高(表1)。水敏实验证实,英东萨尔图储层水敏指数0.63,水敏程度为中等偏强^[1]。矿物组成和泥土含量化验结果为,该区粘土矿物含量11%,高于中等偏弱水敏的大庆地区。储层水敏导致的物性变差必然对生产能力产生不利影响,这也解释了为什么在地层压力保持水平较高的情况下,油井却没有提液能力。

表1 历年注水情况统计

时间, 年月	2003: 05	2004: 05	2005: 07	2007: 05	2008: 06	2009: 06
日注 量/t	51.4	42.8	47.7	45.5	41.6	35.7
注入压 力/MPa	6.4	7.6	8.1	9.3	9.2	8.8

2011年8月25日收到,9月1日修改

中石油股份

公司专项(07-02Z-01-03)资助

第一作者简介:王高峰(1980—),男,汉族,河南许昌人,工程师,硕士,研究方向:油气田开发新技术。E-mail:wanggaofeng@petrochina.com.cn。

3.2 井网加密潜力评价

在英东萨尔图油藏的开发过程中油井是陆续投产的。2007年局部井网加密调整取得了一定增油效果。2010年又进行了小规模的井网加密试验。加密井平均单井产量从2007年的1.5 t降低到2010年加密试验的0.8 t,再到目前的0.54 t,含水率依次升高,历次加密效果依次变差。统计采油指数发现目前采油指数已降至初期的1/10,采液指数也下降一半。经技术经济评价认为,水驱井网已不具有经济加密潜力。

3.3 水驱采收率评价

采收率是评价油藏开发效果的主要指标^[2-5]。英东萨尔图油藏油水系统复杂、水体界线不清晰,一些砂体难以控制加上渗透率25 mD的储层初期含水能高达50%,这些都导致了对地质储量的怀疑。为了确切评价英东萨尔图油藏的开发工作,应用地质建模技术建立了代表性区块的地质模型,进行数值模拟,使开发历程得以重现。历史拟合效果良好,产油量完全拟合,含水拟合率达95%,地层压力拟合率达90%。从而确定目前采出程度10.2%(之前油田估算的采出程度为6%),在吉林油田交流讨论后,得到了英台采油厂的认同。

数值模拟预测水驱采收率13.5%;借助产量劈分数据,应用水驱规律计算采收率为12.7%,两者差别不大。应用水驱经验公式计算英东萨尔图油藏的采收率为23.2%。为什么实际值仅13%左右?对比多个油田资料发现,25 mD储层的原始含油饱和度通常在66%左右,而英东萨尔图仅59%。相当于在投产之前已有约10%的储量被采出,并造成一投产含水即很高。所以,先天不足才是导致英东萨尔图油藏水驱采收率低的主要原因。

3.4 剩余油分布评价

高效挖潜是以对剩余油分布的正确认识为基础的^[2-6]。数值模拟是唯一能够较为可靠地给出井间剩余油分布整体状况和细节的最经济的手段^[7]。经历史拟合得到了英东萨尔图剩余油的分布特征:
①剩余油主要分布在油井附近、注采不完善部位和分流线附近;②注水波及各个方向较均匀,从水井

到注采井距之半处含油饱和度低于50%,无经济加密可能,这也解释了为何2010年加密试验井的含水比老井还高;③剩余油饱和度在各小层差别不大,一般在50%~55%,饱和度纵剖面较均匀,萨I11、萨I22和萨II43三个主力层的剩余储量占总的80%。可见,10年开发主要降低了主力层的含油饱和度。既然目前各层的剩余油饱和度相当,主力层储量份额大,储量又较易控制,仍是挖潜的主要对象。

3.5 开发矛盾评价

英东萨尔图油藏最大的开发矛盾在单砂体内。统计发现75%的油井含水高于90%,且不存在含水低于75%的井,表明油井受效是普遍的,储层平面上是连通的;主力层间渗透率级差2~5,层间采出程度差别小于5.5%,层间矛盾并不突出;单砂体内级差110,最大的非均质性在单砂体内。高渗段在1—1砂体内最为发育:横向延伸距离在1个井距左右,平面上局部存在,平均厚度0.6 m。1—1单砂体动用情况为:纵向上,高渗段部位的采出程度18%;而平面上,距水井120 m范围内采出程度达40%,砂体整体为15.2%(表2)。可见,单砂体内动用状况的平面差异大于纵向。

表2 1—1单砂体平面动用状况

平面上位置	水井附近	高渗区	单砂体整体
采出程度/%	40	20	15.2

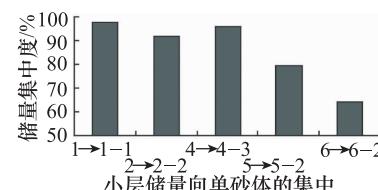


图1 各小层的储量集中度

在此,笔者提出“小层储量集中度”的概念(某一个单砂体占所属小层的储量份额),来描述开发矛盾的转移。三个主力层储量集中度都在92%以上(图1,图中箭头左侧数字为小层号,右侧为砂体号)。表明在开发过程中可忽略层内其它砂体的储量变化。此时,层内矛盾实质上是单砂体内的矛

盾。可见,“小层储量集中度”这一提法使认识定量化,也更有针对性。当小层储量集中度很高时,也不必再做夹层研究。

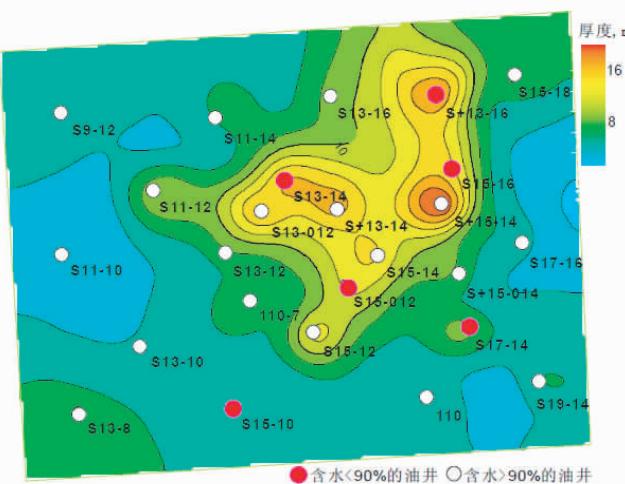


图2 有效厚度和较低含水井的分布

笔者又提出“砂体储量集中度”的概念(高渗段占所属单砂体的储量比例),用于描述封堵高渗段的地质倾向性。如果该比例很高,封堵高渗段将造成单砂体储量的极大损失,势必影响产量。1-1单砂体的储量集中度仅9%,在静态上倾向于封堵其高渗段。但笔者发现含水低于90%的相对高产井恰好位于物性最好的区域(图2)。可见,相对高渗部位并没有造成开发效果变差,动态上不支持对高渗部位进行封堵。只有转换开发方式,如实施气驱降低主力层的水驱残余油饱和度,才是进一步提高采收率的正确选择。

4 结论

(1) 英东萨尔图储层水敏较强造成了注入能力下降,并对提液产生不利影响。初始含油饱和度较低是导致英东萨尔图油藏水驱采收率低的主要原因。

(2) 英东萨尔图油藏目前注采井网适应,且不具备水驱加密潜力。当前剩余油饱和度的纵平面较为均匀,主力砂体仍然是挖潜主要对象。储层非均质性和最大的开发矛盾突出表现在单砂体内,不建议封堵较好部位。转换开发方式,降低残余油饱和度才是提高开发效果的正确选择。

(3) 首次提出了“小层储量集中度”和“砂体储量集中度”两个有实践意义的开发地质学概念,用于定量描述开发矛盾的转移和封堵高渗部位的地层倾向性。

参 考 文 献

- 1 何更生.油层物理.北京:石油工业出版社,1994
- 2 闵田才.老君庙油田L油藏注水开发效果评价与分析.石油学报,1989;10(1):46—52
- 3 刘荣和,龙玲.非封闭油藏注水开发效果评价.大庆石油地质与开发,2009;28(6):100—104
- 4 王瑞飞,陈明强.特低渗透砂岩储层微观孔隙结构分类评价.地球学报,2008;29(2):213—217
- 5 童宪章.油井和油藏动态分析.北京:石油工业出版社,1981
- 6 张盛宗.合理井网密度与最终采收率的定量关系.石油学报,1987;8(1):45—50
- 7 王高峰.油气藏能量方程与一种新的配产理论初探.西南石油大学学报,2007;29(5):57—59

Evaluation Water Flooding Effects of Saertu Reservoir of Yingtai Oilfield

WANG Gao-feng¹, MA De-sheng¹, GAO Jian¹, GUO Yong-hong², ZHANG Zu-bo¹

(State Key Laboratory of EOR (Research Institute of Petroleum Exploration and Development), CNPC¹,

Beijing 100083, P. R. China; Jilin oilfield, CNPC², Baicheng 137317, P. R. China)

[Abstract] Comprehensive water cut of Saertu reservoir of Yingtai oilfield in Jilin is over 92%. Under the background of improving well oil rate, formation sensitivity to injected water, potentiality of infill drilling, residual oil distribution, oil recovery factor, abundance of oil in place, as well as the relationship between reservoir heterogeneity and producing performance have been evaluated objectively by integrated employing fine reservoir characterization, experimental methods, reservoir engineering theory and numerical simulation techniques. Two reservoir concepts, ‘Degree of oil gathering in a layer’ and ‘Degree of oil in a single sand body’ have been first put forward to quantify the shift of development contradiction from inner-layer to inner-sand body and the geological tendency of plugging the high permeability band in a sand body respectively. Findings are of significance to correct understanding the water flooding effects of Saertu reservoir of Yingtai oilfield and to making clear the adjustment measures to be adopted to improve oil recovery.

[Key words] water flooding effects heterogeneity infill drilling potentiality residual oil distribution
recovery factor Saertu reservoir of Yingtai oilfield

(上接第 8316 页)

参 考 文 献

- 1 庄惠农. 气藏动态描述和试井. 北京:石油工业出版社,2009
2 邵 锐,唐亚会,毕晓明,等.徐深气田火山岩气藏开发早期试井

评价. 石油学报,2006;142—146

- 3 刘能强. 实用现代试井解释方法. 第五版. 北京:石油工业出版社,2008

Reservoir Dynamic Analysis of Fuyu Oil Layer in Chaochang Area

LU Hui-min

(Exploration and Development Research Institut, Daqing Oilfield Company Limited, Daqing 163712, P. R. China)

[Abstract] Based on static analysis and combined with the petroleum reserves classification and the dynamic information, such as testing well, production test well and development well data, the variation of pressure and output data in each type of reservoir block was analyzed, the production rate maintenance capability of each type of reservoir block is evaluated quantitatively using well testing technology, and the reservoir dynamic analysis study was carried out in Chaochang area. The research lays a significant foundation for forecasting deliverability accurately, submitting high quality proved reserves and making development plan for later stage.

[Key words] reservoir dynamic analysis deliverability evaluation pressure build-up