

基于隔夹层分布特征的油水同层含油饱和度计算新方法

黄 卓 (吉林油田勘探开发研究院, 吉林 吉林 138000)

摘 要: 针对英东萨尔图油藏存在的油水同层含油饱和度认识不够清楚、储量复算难度大等问题, 本文以萨尔图油藏的隔夹层分布特征为基础, 以试油验证为依据, 首次利用岩心数据和测井图版相结合的方法, 在不同含水率条件下实现油水同层原始含油饱和度的准确计算, 建立了一套英东萨尔图储层油水同层含油饱和度计算技术体系。研究结果表明: 英东萨尔图油藏隔夹层呈条带砂分布, 厚度一般 0.5-2.8m, 在全区分布范围广。在隔夹层分布特征研究的基础上, 建立了油水同层含油饱和度解释模型, 按照解释图版计算的 9 口试油井含油饱和度与试油结论符合率达到 89%, 形成了一套英东萨尔图油藏油水同层含油饱和度解释新方法, 实现了不同含水率条件下油水同层原始含油饱和度的准确计算。英东萨尔图油藏油水同层含油饱和度计算新方法为后期的油藏储量复算提供了有力的地质依据。

关键词: 萨尔图油藏; 油水同层; 分级相控; 储量; 含油饱和度

0 引言

英东萨尔图油藏位于老区萨尔图东侧^[1-3], 含油面积为 39.3km², 地质储量为 2093 万 t, 共有油水井 338 口, 其中油井 258 口, 水井 80 口。目前英东萨尔图油藏进入高含水开发期, 总体开发效果差, 预测采收率远低于标定采收率, 其中储层中的隔夹层引起的渗流屏障是影响油水同层含油饱和度计算准确性的重要因素之一^[4-6]。隔层指垂向基本不具有渗透性的岩层, 它能将上、下储层分隔开来, 一般厚度较大, 侧向连续性好。夹层则指在主体储层内部存在的相对较薄、延伸较短且岩性或物性与上、下岩层有较大差异的低(非)渗透层段。目前英东萨尔图油藏开发矛盾较大, 需要对英东萨尔图油藏隔夹层分布特征进行系统分析^[7], 在此基础上形成油水同层含油饱和度计算新方法。因此研究英东萨尔图油藏隔夹层分布特征^[8-10], 准确计算油水同层含油饱和度, 对后期的储量评价研究具有重要意义, 也为解决开发矛盾提供重要依据。

1 地质概况

英东萨尔图油层层内非均质较强, 隔夹层分布复杂, 主力油层 S1、S2、S4 小层, 其中 1 号层渗透率极差主要分布在 0.4-0.7 之间, 4 号层渗透率极差大于 0.7, 表明研究区整体上属于非均质性油藏, 隔夹层分布主要受沉积微相带的岩性控制, 英东萨尔图油藏 I 砂组和 II 砂组都属于三角洲前缘沉积特征。王友净等认为隔夹层识别与分类是油田开发中、后期一项重要的基础工作, 由于在油田开发中后期中高含水阶段精细地质研究基本单元是单油砂体, 因此要求对地层进行精细划分与对比。利用精细地层对比的结果, 可绘制各个小层的隔夹层平面展布图, 更为准确地反映河道砂体的空间展布情况, 还可以解决油田开发过程中遇到的许多地质问题, 为研究油水分布特征以及最终储量复算提供基础数据。

2 隔夹层分布特征

在油田进入高含水开发期, 储层中的隔夹层引起的

渗流屏障和渗流差异是影响油水分布的重要因素之一。因此研究隔夹层的特征和识别方法, 准确描述隔夹层的分布对于精确表征油藏地质特征, 对油水同层含油饱和度计算研究具有重要意义。

2.1 隔夹层识别

通过岩心分析, 结合油藏动态资料, 确定隔夹层类型, 研究隔夹层岩性、物性、电性以及开发动态特征, 建立取心井隔夹层的划分标准, 并据此建立非取心井隔夹层的识别模式。

隔夹层一般按照岩性划分, 主要包括泥质夹层、钙质夹层和物性夹层三类。

2.1.1 泥质夹层

成因特征: 一是半深湖或深湖正常沉积条件下形成, 二是由高能向低能转换过程形成;

分布特征: 与湖相有关的夹层常常分布稳定, 侧向连续好, 而与高能向低能转换过程形成的夹层常常夹层稳定性很差;

电性特征: 自然伽马呈现高值, 自然电位一般有明显回返, 电阻率低值, 且深浅视电阻率差异小。

2.1.2 钙质夹层

成因特征: 储层内碳酸盐胶结物沉淀不均一作用而形成致密非渗透砂岩层。

分布特征: 一般出现于砂层顶部和底部, 俗称为“顶板”、“底板”。而与古环境有关的早期钙质夹层则通常形成于河道内具有原始高孔渗地区, 呈板状或球状。

电性特征: 这类夹层自然伽马、声波时差呈现低值, 微电极呈高值。

2.1.3 物性夹层

成因特征: 由于上下油层之间的物性差异引起的渗流遮挡作用。

分布特征: 一般局部发育稳定性很差。

电性特征: 自然伽马值较高, 自然电位曲线有回返, 但较泥质岩类夹层回返值要小, 电阻率值较低, 且深浅

视电阻率差异小。

2.2 隔夹层分类

隔夹层分布形式是指夹层分布连续性和形态。不同环境下隔夹层的分布特征差异很大。小型河流沉积作用下,由于碎屑物质供给不足,砂体一般呈透镜状,河道切割能力差;在河流经过的地方隔层相对较薄,河道未经过的地方,隔夹层厚度大。大中型河流沉积物中,砂体错综复杂,隔夹层分布连续性较差。三角洲环境下,由于分布面积大,整体废弃时湖侵范围广,所以隔夹层分布一般较为稳定,但在水下分流河道及砂坝发育的条件下,上下砂体迭合在一起,使隔夹层不完全连续。

2.2.1 连续分布的隔夹层

主要分布于三角洲分流平原碎屑物供给不足的小型河流及枝状三角洲地区。砂质沉积不发育,由紫红、绿色或杂色块状的泥质隔层组成,岩性致密。平面上连续但不稳定,井点钻遇率大于85%。平均厚度1.5~3.5m,钻遇井点的平均厚度达3m以上。

2.2.2 局部分布的隔夹层

分布于泛滥一分流平原地区,由大中型河流泛滥沉积作用形成。主要由泥质组成,分布范围被限制在河间地区。遭受河道的迭加和切割作用,分布极不稳定,厚度变化大,侧向上不易追踪对比,只在小范围内起到阻隔作用。井点钻遇率一般为40%~50%,平均厚度1m左右。

2.2.3 均匀分布的隔夹层

分布于外前缘相水动力条件稳定的地区,由三角洲整体废弃形成。层位分布稳定,平面上连续好,厚度变化不大,平均1~2m,分布均匀,钻遇率一般在85%以上。隔层主要由具水平层理的灰色或灰黑色泥质层及坚硬的钙质层组成。由于平面分布范围广,岩性致密,所以此种分布类型的隔层虽然厚度相对较薄,但抗压性和阻渗效果较好。

2.2.4 条带状分布的隔夹层

分布于水动力变化相对频繁的内前缘地区,由于靠近湖岸线,受水下分流河道和湖盆波浪的共同作用,隔层平面分布不稳定井点钻遇率一般50%~60%,厚度变化也较大,平均1~3m,是均匀分布的隔层和局部分布的隔层的过渡类型。主要由灰绿色泥质隔层和细岩性隔层组成,呈现波状或不规则水平层理。由于其中细岩性比例相对较大且平面分布不稳定,所以隔层的阻渗作用和抗压能力都较差。

3 隔夹层分布对油水分布的影响

油水同层原始含油饱和度是储量参数研究的基本参数之一,通过单井测井二次解释及纵向联井剖面对比结果分析,英东萨尔图油层为水平夹层与泥质隔层组合为特征的渗流屏障模式,分布模式随机型和过渡性。在对油水接触面形态和油水过渡带厚度分布规律的基础上,结合实际油藏中油水接触面生产动态特征分析研究区构

造-岩性油藏中油水分布规律,油水分布除受构造位置控制外,还受沉积作用所引起的岩性、物性和孔隙结构差异的影响。

由于扇三角洲前缘不同部位的沉积条件的差异,使厚油层内出现不同的夹层分布模式。根据夹层的纵向、横向和平面分布的特征,可以把层内夹层分布模式划分为3种类型:随机型、过渡型、连续型。隔夹层厚度薄,厚度在横向上变化不稳定,时厚时薄,反映该部位是沉积能量变化频繁的沉积环境。纵向上,泥粉质岩夹层出现在河道砂体的顶部或河道砂体内正韵律顶部,其他两类夹层一般出现在河道砂体底部。夹层密度为18%,夹层频率为0.20个/m。泥粉质岩夹层横向延伸长度为102~305m,但钙质砂砾岩和泥粉质砂砾岩夹层横向分布范围更小。平面上,泥粉质岩夹层呈长条状,其延伸长度般不超过350m,单个夹层的面积不到含油面积的5%。钙质砂砾岩和泥粉质砂砾岩夹层呈园状或椭圆状。英东萨尔图油层层间隔层厚度一般0.5~2.8m,平均1.7m, S1砂岩组和S2砂岩组之间的隔层在全区分布范围最广,单井钻遇高达95%以上。在识别出每口井的层间隔层及其厚度基础上,绘制了层间隔层的厚度平面图通过夹层的识别标准,在识别出每口井的夹层基础上,计算夹层密度($H_{\text{夹}}/H_{\text{地}}$),并绘制夹层密度和夹层频率平面分布图,为油水同层识别打下基础。

4 油水同层含油饱和度研究

众所周知,对于具有隔夹层分布特征的油藏,油水层判别是油层含油饱和度计算的重要环节。无论是油层误判为水层,还是水层误判为油层都将对油田有效开发产生不利的影响。正因如此,油水层判别标准研究一向视为有效厚度划分之前的一个不容忽视的环节。在此之前,油田上多数采用深感应和声波时差两条测井曲线判别油层、水层,这些组合方法形成的电性图版局限于同一模式,即“一条线”式的油水界限。实际上,这一判别模式更适用于油水关系简单的正装油田,而对于像英台油田英东萨尔图油层这样隔夹层分布复杂、油水关系受到多重因素控制的油藏来说,应用效果并不是很理想。为此,努力摆脱以往解释模式的桎梏,尽可能从多角度探讨油层、水层的影响因素,重新构造出与之相关性强的地质、油藏响应,真正形成一套适合本区的复杂隔夹层分布的油水同层识别的有效方法。利用11口隔夹层分布的取心井的306块岩样,应用声波统计法建立孔隙度与油水同层含油饱和度交汇图版,建立孔隙度解释模型,通过孔渗交汇图版,建立含油饱和度解释模型。

在隔夹层分布复杂的油藏相渗实验结果更能直接反映了储层含水率与含水饱和度的关系,随着含水饱和度的增大,储层由产纯油(含水率为0%)逐渐过渡到油水同产,最终成为产水层(含水率100%),因此含水率及其变化过程可以反映油水同层原始含油饱和度的变

化过程。在相渗曲线上,含水率为0%时,对应的含水饱和度为纯油层原始含油饱和度,一般含水率10%到90%时,对应的含水饱和度均为油水同层的含水饱和度。在一定条件下(如含水率50%时),油水同层含水饱和度与纯油层含水饱和度的差值,可作为油水同层含水饱和度校正量。在隔夹层分布特征的基础上,利用306块岩样建立不同含水率条件下(10%~90%),油水同层含水饱和度校正量随“视油层原始含水饱和度”变化的校正模型,利用2020年的9口试油井资料,按照隔夹层分布特征油藏不同含水率条件下饱和度校正图版,计算结果与9口试油井试油结论符合率达到89%(表1),形成了一套油水同层含油饱和度计算新方法,实现了不同含水率条件下油水同层原始含油饱和度的精确计算,英东萨尔图油藏油水同层含油饱和度计算新方法为后期的油藏储量复算提供了有力的依据。

5 结论

①在油田进入高含水开发期,储层中的隔夹层引起的渗流屏障和渗流差异是影响油水分布的重要因素之一;

②英东萨尔图油层层间隔夹层隔夹层主要包括泥质夹层、钙质夹层和物性夹层三类,厚度一般0.5~2.8m,平均1.7m,砂岩组之间的隔层在全区分布范围广,单井钻遇高达95%以上;

③基于隔夹层分布特征形成了一套油水同层含油饱和度计算新方法,实现了不同含水率条件下油水同层原始含油饱和度的准确计算,试油结论符合率达到89%,为后期的英东萨尔图油藏储量复算提供了有力的参考依据。

参考文献:

[1] 孙海雷. 松辽盆地北部姚家组二三段沉积特征及演化

[J]. 西部探矿工程, 2013, 25(12): 147-151.

[2] 孙雨, 马世忠, 张秀丽, 等. 红岗北地区扶余油层河流三角洲体系高分辨率层序地层划分与单砂体等时对比 [J]. 石油天然气学报, 2010, 32(01): 22-26.

[3] 张庆国, 鲍志东, 郭雅君, 孙继武, 何莹. 2007: 扶余油田扶余油层的浅水三角洲沉积特征及模式 [J]. 大庆石油学院学报, 31(3): 4-14.

[4] 赵翰卿, 付志国, 吕晓光, 等. 大型河流——三角洲沉积储层精细描述方法 [J]. 石油学报, 2000, 21(04): 109-113.

[5] 吕晓光, 李长山, 蔡希源. 等. 松辽大型浅水湖盆三角洲沉积特征及前缘相储层结构模型 [J]. 沉积学报, 1999, 17(04): 75-80.

[6] 刘自亮, 沈芳, 朱筱敏, 等. 浅水三角洲研究进展与陆相湖盆实例分析 [J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(04): 596-604.

[7] 张保涛, 于炳松, 朱光有, 王宇, 苏劲, 王凯, 刘星旺, 等. 塔中北斜坡富油气区油气分布规律与富集主控因素分析 [J]. 地学前缘, 2015(01): 55-62.

[8] 王旭, 陈艳, 贾俊, 王代国, 等. 渭北油田长3油藏原始含油饱和度的确定方法探讨 [J]. 石油地质与工程, 2013, 27(6): 91-93.

[9] 唐街, 侯加根, 许凡, 邓强, 阴国锋, 等. 利用压汞曲线求取油藏原始含油饱和度方法的研究——以克拉玛依油田为例 [J]. 重庆科技学院学报(自然科学版), 2008(5): 366-369.

[10] 耿龙祥, 曹玉珊, 等. 濮城油田少一、二段原始含油饱和度计算方法探讨 [J]. 断块油气田, 1997(02): 47-52.

作者简介:

黄卓(1977-), 女, 工程师, 现主要从事油气田开发工程研究和文献调研翻译工作。

表1 英东萨尔图油层新方法含油饱和度统计表

井号	深度(m)	层位	试油情况				含油饱和度(%)	图版解释情况
			试油方式	日产油(m ³)	日产水(m ³)	结论		
英 s2-18	1424.8-1430.4	5	机械	0.6	18.3	油水同层	52.3	符合
英 s4-18	1439.6-1441.2	2	机械	14.6	4.7	油水同层	42.1	符合
英 s6-16	1436-1438.4	1	机械	11.7	24.3	油水同层	32.5	符合
英 s8-18	1395.6-1397.2	1	机械	12	4.2	油水同层	14.2	符合
英 s10-22	1460.6-1462.4	1	机械	1.1	20.6	油水同层	24.8	符合
英 s12-16	1437-1439.6	5	机械	2.3	31.8	油水同层	32.5	符合
英 s12-18	1395.8-1398.4	1	机械	12.8	4.7	油水同层	33.7	符合
英 s14-14	1385-1386.4	1	机械	6	7.2	油水同层	10.3	不符合
英 s14-018	1418.8-1422	1	机械	4	3.4	油水同层	41.3	符合