

基于油藏夹层描述综合挖潜技术研究

蒋超

东辛采油厂永安管理区

DOI: 10.12238/jpm.v4i3.5743

[摘要] 开发强边底水油藏面临的核心问题是边底水快速锥进, 而隔夹层对于抑制边底水锥进具有良好效果。隔夹层是指在渗透层内或层间所分布的相对非渗透性岩层, 不仅影响流体的垂向渗流, 而且也影响流体的水平渗流, 改变了整个渗流场的分布, 使渗流(油水运动)发生变化; 分布稳定的隔夹层, 可将油层上下分成2个独立的流动单元, 反之, 不稳定隔夹层越多, 其间油水运动也就越复杂, 对开发效果的影响越大。因此, 识别不同隔夹层分布模式与其控制下所对应的开发动态及剩余油分布规律变得极其重要, 从而为油田稳油控水, 进一步挖潜指明方向。

[关键词] 边底水油藏; 流动单元; 隔夹层; 剩余油分布规律; 提液时机

Research on comprehensive potential exploitation technology based on oil reservoir interlayer description

Jiang Chao

Dongxin Oil Production Plant Yongan Management Area, Shandong Dongying 257000

[Abstract] The core problem facing the development of strong side bottom water reservoir is the rapid cone flow of the side bottom water, and the interlayer has a good effect on inhibiting the side bottom water cone flow. The interlayer refers to the relatively non-permeable rock layer distributed in or between the permeable layer, which not only affects the vertical seepage of the fluid, but also the horizontal seepage of the fluid, changing the distribution of the whole seepage field and changing the seepage (oil-water movement) divides the oil layer into two independent flow units, and conversely, the more unstable interlayer, the more complex the oil-water movement, and the greater the influence on the development effect. Therefore, it is extremely important to identify the distribution patterns of different interlayer and the corresponding development dynamics and residual oil distribution rules under control, so as to point out the direction for oil stabilization and water control and further tap potential.

[Key words] bottom water oil reservoir; flow unit; interlayer; residual oil distribution rule; timing of extraction

1 油田概况

A油田位于大断裂下降盘, B凹陷的边部, Z油组是该油田的主力油组, 属于强边底水驱动层状构造油藏, 储集相带为扇三角洲平原~前缘的分流河道微相, 储层段毛厚度在22m左右, 物性好(孔隙度21.4%, 渗透率552mD), 储层非均质性强, 隔夹层发育, 其中隔夹层对油水运动规律起到重要作用。

2 隔夹层类型及特征

对研究区块油层的隔夹层进行分析后得出, 其隔夹层的主要部分为泥质隔夹层和物性隔夹层, 夹杂少许盖层。其中泥岩沉积厚度大且分布较稳定, 延伸范围广。小层间歇时间较短, 沉积延伸范围和厚度小, 分布稳定性较差。

2.1 泥质隔夹层

泥质隔夹层主要由泥岩、粉砂泥岩及含砂含砾泥岩共同组

成。泥岩隔层在电测井曲线上表示为 SP 曲线正常, R25 曲线呈低阻异常。岩石类型为泥岩、粉砂质泥岩及含砂-砾泥岩, 物性标准 $PORR < 9\%$, $PERM < 50mD$, $SH > 80\%$ (图 1)。

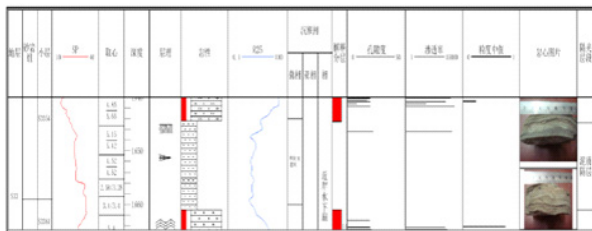


图 1 泥质隔层

2.2 物性隔夹层

该类隔夹层主要由粗砾、中砂与细泥物质混合堆积组成。内部灰色及深灰色粉砂质泥岩构成了此隔夹层, 但因其泥质分布不均匀导致其物性较差。电测曲线上来看 SP 曲线显示微弱负异常, R25 曲线呈明显的锯齿状。

2.3 钙质隔夹层

该类隔夹层的岩性组成主要为钙质砂岩-砂砾岩, 呈块状构造, 胶结致密坚硬, 物性较差, 不含油, 单层厚度较小。电测曲线上 SP 曲线正常。物性标准 $PORR < 13\%$, $PERM < 170mD$, $SH < 30\%$ (图 2)。

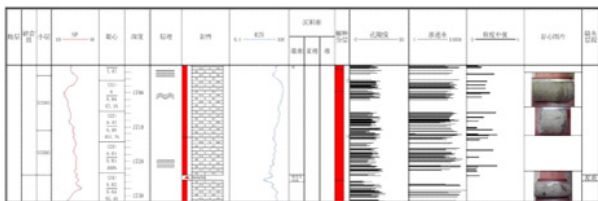


图 2 钙质砂岩夹层

2.4 隔夹层分布模式

隔夹层的划分以岩心分析资料为基础, 以单试层资料为依据, 结合大量测井解释资料进行综合评价, 确定物性下限, 从而确定隔夹层划分标准, 2 油组分布厚度不一的以泥岩为主的隔层, 油组中部分布泥岩和钙质为主的夹层发育较多, 但夹层在各井间分布不稳定, 在横向上连续性较差, 大部分呈犬牙交错状。根据隔夹层质量特征和分布范围, 归纳出隔夹层的 3 种分布模式: 模式 I 小范围稳定分布隔夹层: 隔夹层分布稳定, 厚度大, 隔夹层钙质胶结致密, 成岩作用强, 孔渗性极差, 该模式隔夹层控制的油井底水只能发生大规模绕流, 形成次生边水驱, 一方面延缓油井见水时间, 另一方面又使天然能量充分发挥, 有效抑制底水的锥进; 该模式代表井是 A7h 和 A9hb。模式 II 渗透型隔夹层: 隔夹层分布稳定, 呈条带状分布, 厚度小, 隔夹层钙质胶结一般, 成岩作用一般。该模式隔夹层控制的油井底水运动分为两部分: 一部分缓慢穿过夹层, 形成次生底水驱; 另一部分绕过夹层, 形成次生边水驱, 隔夹层对底水有一定的抑制作用; 该模式代表井是 A2h、A3h 和 A8h。模式 III 零星分布的隔夹层: 隔夹层分布不稳定, 厚度薄、数量多, 平面分布零散, 分布范围小, 分布极不规则, 纵向一般与储集层

互层分布或夹于厚储集层之间, 对油水运动的阻挡作用较差, 对底水的抑制作用较差; 该模式代表井是 A1h 和 A5h。

2.5 隔夹层地质建模

2.5.1 基础地质模型

构造模型: 为了保证后续岩性相与岩石物性建模能够在准确的地层单元中进行, 在构造建模时, 对层面的选择及各井的层组划分对比是按等时地层对比原则进行的。同时基于测井资料与地质分层研究成果, 构建三维地质构造模型, 明确了研究区 WN→ES 向单斜构造特征, ES 方向被断层封堵, 局部发育鼻状构造。沉积相模型: 本次研究在建立相建模时, 采取了软数据和硬数据相结合的方式。在充分考虑到相的空间分布和层序地层、相和相之间以及内部的沉积层都会相互的影响的前提下, 有效利用各个小层的沉积微相分布图作为约束条件。最后基于地质研究成果图采取赋值法建立沉积微相三维模型。物性模型: 三维属性建模采用相控模拟方法, 建立物性三维模型。在数据转换分析、各小层变差函数模型建立的基础上, 建立了孔隙度和渗透率三维模型[9-10], 同时在三维模型基础上, 制作了栅状模型 (图 3、4)。

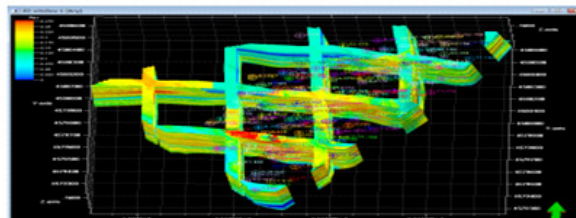


图 3 孔隙度三维栅状模型

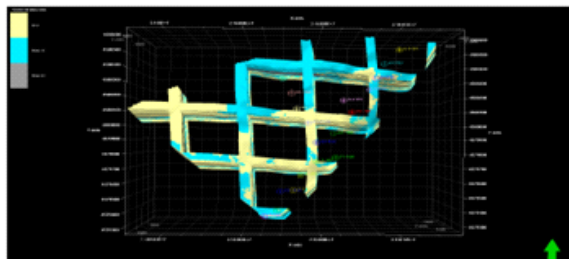


图 4 隔夹层三维模型

2.5.2 隔层建模

用连井对比方式, 依据电性、岩性、物性, 针对全区 221 口井识别出隔层。在识别隔层之后, 以构造模型的方式展现隔层三维模型。

2.5.3 夹层地质模型

立积相模型后, 通过相控去约束建立属性模型。在属性模型的基础之上, 采取条件模拟的方法建立了夹层模型。在三维模型的基础上, 同时制作了栅状模型。最后对隔夹层三维模型进行分析得出夹层分布特征如下: 垂向上, 地层泥岩、粉砂质泥岩、钙质砂岩发育较好, 表现出物性夹层发育; 平面上, 北西 (NW) 远离物源方向隔夹层发育, 东北 (EN) 与西南 (WS) 重力流两侧隔夹层发育, 东南 (ES) 方向隔夹层不发育。垂向

上,物性夹层发育;顺物源方向,西北方向隔夹层发育在垂利物源方向上。垂利物源方向,南北两侧夹层发育。

3 提液在隔夹层发育边底水油藏中的机理分析

对于隔夹层发育的强边底水油藏,隔夹层可以抑制底水的快速锥进,但隔夹层附近也容易出现“屋檐油”和“屋顶油”的分布,由于受高渗层的抑制作用,低渗层采出程度受到抑制,导致隔夹层附近低渗层的动用程度低,提液是通过降低井底流压,增加生产压差让位于隔夹层附近低渗层的剩余油开始流动,从而增加水驱波及效率,提高油藏采收率。从油田的产油量,产油量和含水率三者之间的关系是: $Q_0 = Q_L (1 - fw)$, 随着含水率上升,要保持稳产就要提高产液量。

4 提液条件与时机分析

4.1 剩余油潜力类型适合提液

隔夹层发育的储层初期在低压差开采下主要产出层是物性较好的高渗层,而物性相对差的低渗层采出程度受到抑制,使得低渗层采出程度较低,隔夹层附近存在大量的剩余油分布,为提液增加水驱波及效率,提高油藏采收率提供物质基础。

4.2 储层具有良好的提液条件

油藏压力系统能满足提液要求,Z油组具有较强的边底水能量供给,地层能量充足,油藏初期压力系数1.0(地层压力12.6MPa),目前各井储层压力系数在0.9~1.0之间,油藏饱和和压力小(3.5MPa),地饱压差大,油气比低($28\text{m}^3/\text{m}^3$)。

4.3 提液时机分析

利用Z油组相对渗透率曲线和油水粘度,根据水驱油理论方法计算不同含水饱和度下含水率,同时利用相渗曲线计算不同含水饱和度下无因次采液指数,随着水驱程度的不断加深,无因次采液指数在含水率为50%以后,开始上涨,含水率达到80%以后,迅速上升,含水98%时无因次采液指数为2.3。因此,Z油组在含水率为50%后具有提液潜力,含水率为80%以后提液潜力增大。

5 隔夹层分布对提液效果分析

对于强边底水驱构造砂岩油藏,隔夹层对剩余油分布起着主导作用,而不同模式隔夹层的含水上升规律不尽相同,从而造成不同隔夹层模式下提液效果存在的差别。模式I:该模式隔夹层分布稳定、厚度大,底水不能穿过隔夹层,属于次生边水驱,从钙层的平面分布,A7和A9井中部和底部发育着厚度2m~3m的钙层,可以有效阻挡底水锥进,因此油井生产表现初期无水采油期长,见水后含水上升缓慢,剩余油主要分布在隔夹层的下伏层和上邻层,A7h井在含水初期提液有增油效果,但提液幅度较小,含水有上升,主要原因低含水阶段无因次采液指数低,提液效果不理想,建议该模式下油井在高含水期考

虑提液措施,挖潜隔夹层附近的剩余油。模式II该模式隔夹层厚度小,从钙层的平面分布可以看出,A2h、A3h和A8h中部存在不连续分布的0.5m~1.0m钙层,底部存在厚度1m~2m左右的钙层,对底水有一定的抑制作用,底水运动分为次生底水驱和次生边水驱,油井生产上表现为无水采油期,生产稳定,含水上升比较平缓,该模式油井在含水50%后提液效果较好,提液幅度较大,含水略有下降,增油效果明显。模式III该模式隔夹层分布不稳定,厚度薄,A1h井中部和底部钙层厚度仅有0.5m左右,A5h井中部钙层厚度2米左右,但底部钙层厚度仅有0.5m~1m,并且该井水平段主要在中部钙层以下,因此钙层对底水阻挡作用减小,底水快速锥进,油井生产上表现无水采油期短,含水上升快,初期造成只有油井控制小范围的油被采出,而距油井稍远范围,由于没有建立有效驱替系统,导致大部分油未被充分动用,而形成大量的剩余油富集,该模式的油井在含水80%后提液效果最好,提液后含水下降幅度最大,降水增油效果明显。

6 不同隔夹层分布模式的挖潜策略

模式I:该模式控制的油井生产稳定,无水采油期长,含水缓慢上升,高产高效,低含水阶段不宜提液,该模式下油井可以在高含水期考虑提液措施,挖潜隔夹层附近的剩余油。模式II:该模式隔夹层属于“隔而不死”,可以充分利用隔夹层阻挡作用和底水的能量,在中高含水期进行提液,提液增油效果明显,这种模式控制的油井可以在中高含水期采取大幅度提液措施。模式III:该模式隔夹层对底水抑制作用最弱,在生产上表现为底水上升规律,在高含水期进行提液,提液可以有效动用油井附近的剩余油,达到降水增油目的,该模式控制区域是主要剩余油富集区,也是重点挖潜对象,后期可以通过侧钻井或在剩余油富集区钻加密井,完善井网提高储层的采出程度。

结论

1) 隔夹层发育的强边底水油藏,由于隔夹层的分布,在延缓底水锥进方面起到了良好的作用,但隔夹层附近容易形成大量的剩余油,在中高含水期提液可以使位于隔夹层附近的剩余油得到有效动用,从而增加水驱波及效率,提高油藏采收率。
2) 从现场提液实施效果分析,利用相渗曲线和油水粘度计算无因次采液指数可以有效的指导该类型油藏提液时机的选择。

[参考文献]

- [1]张昌民,太举,尚锋,等.泥质隔层的层次分析[J].石油学报,2004,25(3):48-52.
- [2]熊光勤等.陈堡油田厚油层内隔夹层研究与利用[J].河南石油,2005,19(4):26-30.