

东辛油田东营组 LH 断块储层非均质性研究

李 浩

(中国科学院 广州地球化学研究所, 广州 510640)

摘 要: 东辛油田东营组 LH 断块沉积微相、断层及流体性质等地质因素的复杂性造成储层具有强烈的非均质性, 为了客观表征储层非均质性, 不仅需要求取常规储层非均质参数, 而且还需要对层内、层间及平面非均质参数进行求取, 尤其对于夹层必须从识别标准、分类及分布等方面明确其对流体的控制作用, 进而进行综合分析, 为查明剩余油分布提供依据。

关键词: 东辛油田; 储层; 非均质性; 夹层

中图分类号: P618.130.21 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2006)04-0294-05

0 引言

沉积微相、断层、流体性质及夹层等各种地质因素综合表现出油藏内部的储层非均质性, 影响地下油水的运动规律, 控制着剩余油的分布^[1]。本文结合东辛油田东营组 LH 断块油藏的储层特征和生产动态特征, 利用渗透率变异系数、渗透率突进系数、渗透率级差、夹层参数以及孔隙度、渗透率的平面变化参数定量地表征储层非均质性; 同时进行储层宏观非均质性综合分析, 不仅客观地表征了储层的非均质性, 而且综合、快速、直观地揭示了储层非均质性与剩余油分布之间的关系。

1 常规储层非均质参数求取

(1) 渗透率变异系数(V_K): 指渗透率标准偏差与渗透率平均值的比值, 反映各层渗透率变化程度, 求取公式如下:

$$V_K = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (K_i - \bar{K})^2 / n}}{\bar{K}} \quad (1)$$

式中: V_K 为渗透率变异系数; K_i 为层内某样品的渗透率值, $i = 1, 2, 3 \dots n$; $\bar{K}$ 为层内所有样品渗透率的平均值; n 为层内样品个数。

渗透率变异系数反映样品偏离整体平均值的程度^[2], 其变化范围为 $V_K \geq 0$; 该值越小, 说明储层越均质; 该值越大, 储层非均质性越强; $V_K = 0$ 时为理论均匀型。

(2) 渗透率突进系数(S_K): 是表征储层非均质特征的一个重要参数, 是指一定井段内渗透率极大值与其平均值的比值, 求取公式如下:

$$S_K = \frac{K_{\max}}{\bar{K}} \quad (2)$$

式中: S_K 为渗透率突进系数; $K_{\max}$ 为层内最大渗透率; $\bar{K}$ 为层内所有样品渗透率的平均值。

渗透率突进系数的变化范围为 $S_K \geq 1$, 数值越小说明垂向上渗透率变化小, 驱油效果较好; 反之, 突进系数越大, 说明垂向上渗透率变化较大, 非均质性较强, 边、底水易由高渗段窜进, 波及体积小, 驱油效果较差^[3]。

(3) 渗透率级差(N_K): 是反映渗透率变化幅度的重要参数, 即渗透率绝对值的差异程度, 可用一定井段内渗透率最大值与最小值之间的比值 N_K 来表示, 求取公式如下:

$$N_K = \frac{K_{\max}}{K_{\min}} \quad (3)$$

式中: N_K 为渗透率级差; $K_{\max}$ 为层内最大渗透率; $K_{\min}$ 为层内最小渗透率值。

渗透率级差的变化范围为 $N_K \geq 1$, 数值越大, 非均质性越强, 数值越接近于 1, 储层越均质^[4]。

2 层内非均质性

层内非均质性是指一个单油层内部储层性质垂向上的变化,是控制层内剩余油形成和分布的关键因素,具体可用渗透率的韵律特征、渗透率的非均质程度及各种夹层分布参数、指标来描述^[5]。

2.1 渗透率垂向差异

东辛油田层内非均质性表现为渗透率在垂向上的变化,如辛 11-6 井垂向上总体显示一定的韵律性(图 1);B₁ 和 B₃ 段渗透率整体数值较大,B₁ 段表现为反韵律特征,最高渗透率相对均质段在顶部;B₃ 段表现为正韵律特征,最高渗透率相对均质段在底部;B₂ 段渗透率变化剧烈,表现为复合韵律特征,渗透率整体较 B₁ 和 B₃ 段低。

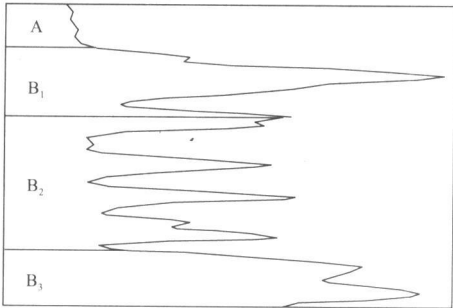


图 1 辛 11-6 井渗透率变化曲线

Fig.1 Curve of permeability of Xin11-6 well

2.2 夹层分布特征

层内非均质性除表现在层内垂向上的渗透率变化以外,夹层也是影响层内非均质性的主要地质因素,层内夹层是指储层内部的非渗透性层^[6],包括泥质夹层、钙质夹层及物性夹层,东辛油田东营组 LH 断块主要以物性夹层为主,在主力油层 B₁ 段以及非

主力油层 B₃ 段中夹层不发育,而 A 段夹层分布稳定,且以 I 类夹层为主,表现出较强的非均质性,B₂ 段辛 33 井以东夹层分布稳定,向西到辛 11-90 附近夹层尖灭,正是由于层内夹层的存在,对油水在垂向上的流动产生了重要的影响。

2.2.1 储层与夹层标准及划分

根据取心井岩心观察、岩心取样分析结果、并结合测井资料来确定储层与夹层界限标准。首先根据取心井岩心观察到的储层与夹层井段,统计储层、夹层厚度和储层、夹层所占地层取心井段厚度的比例,对取心段连续取样分析得到的岩心孔隙度、渗透率进行累计统计,根据取心井段储层与夹层所占地层比例确定对应于相应取心段储层及夹层所占岩心长度比例,分析样品的孔隙度、渗透率截止值,并将确定的孔隙度和渗透率截止值作为储层与夹层界限标准(表 1)。利用该标准对油水界面以上部分的目的层段进行夹层扣除,分别得到储层和夹层厚度值。

表 1 东辛油田东营组 LH 断块储层与夹层划分标准
Tab 1 Division criteria of interlayers and reservoirs

井号	取心段	夹层		截止值	
	长度 (m)	长度 (m)	占取心段 (%)	孔隙度 (%)	渗透率 (10 ⁻³ μm ²)
辛 11-6	49.80	3.70	7.43	7.8	4.8
辛 33	58.38	12.10	20.73	8.9	4.2
辛 11-90	66.80	4.80	7.18	10.6	4.8
营 78	50.20	10.60	21.12	10.0	5.0

利用岩心观察制定的储层及夹层标准及取心井各段夹层所占比例(表 2),通过测井资料,并结合地震、钻井等资料得到各井不同段夹层厚度(垂直厚度)。

表 2 东辛油田东营组 LH 断块各层段夹层所占比例

Tab 1 Percentage of each interlayer in the total of LH block of Dongying formation

井号	A 段(%)	B ₁ 段(%)	B ₂ 段(%)	B ₃ 段(%)	C 段(%)	D 段(%)	E 段(%)	F 段(%)
辛 11-6	41.7	0	11.5	0	21.1	0	19.6	0
辛 33	57.1	0	13.5	0	0	0	49.1	0
辛 11-90	42.1	0	0	0	14.5	0	12.5	0
平均值	41.9	0	5.8	0	17.9	0	16.2	0

2.2.2 夹层分类

根据储层与夹层在空间上的分布关系、对油水运动的影响程度, 将该区目的层的夹层分为 4 类(表 3), 根据不同类型夹层的识别标准, 对直井的夹层进行了识别。值得说明的是在这 4 类夹层中只有第 1 类夹层在纵向上才有真正起到遮挡油水纵向运动的作用, 而其他 3 类夹层实际上应该划为差储层, 但考虑到这些层与相邻高渗层的关系, 所以将这些差储层划到夹层的范围内, 这些夹层能够在纵向上对油水的运动起到部分阻挡作用, 进而可利用不同类型夹层对油水在纵向上的阻挡作用分析油、水在三维空间的运动规律^[7]。

2.2.3 夹层分布特征及油水运动规律

(1) 夹层剖面分布规律及对油水运动的控制作用。东辛油田东营组 LH 断块存在 4 类物性夹层, 分布在 A、B₂、C 及 E 段, 在平面和纵向上各段中均有不同程度分布。

A 段中基本以 I 类夹层为主, 且分布稳定, 局部分布有 II 类夹层。

B₂ 段 4 类物性夹层均有分布, 且在不同的位置夹层类型以及厚度都有不同程度的变化, 在核部夹层层数较多, 向东翼夹层质量变好, 向西翼夹层质量

变差, 到 LH11-4 井附近 B₂ 段夹层尖灭。

C 段普遍物性较差, 在不同位置夹层的类型也不尽相同, 基本上以 I 类夹层为主, 偶有 II、III 类夹层分布, 整体上夹层由西向东质量逐渐变差, 到东部 LH11-3 井附近夹层尖灭, 所以 3 井区附近 C 段夹层对流体在纵向上的流动基本上不起遮挡作用, 但可以减缓流体的流动速度; 开发区自西向东至 LH11-5 井附近夹层质量较好, 且由西向东夹层产状随地层的倾斜而倾斜, 在夹层及地层倾斜的双重作用下, 使 D 段中的油在 C 段的夹层控制范围内纵向运移减缓, 储量动用不大; 而在 C 段夹层不发育的位置, D 段的油则会随边、底水的向上运移通过 C 段进入 B₃ 段, 进而进入 B₂、B₁、A 段。

E 段中的夹层层数较多, 共存在 3~5 层, 且质量较好, 基本上以 I 类夹层为主, 分布稳定, 对油水的运动起很好的遮挡作用, 从而使 E 段中的油及 D 段中受 C 段 I、II 类夹层所控制的原油储量动用较少, E 段最顶部一层夹层质量较差, 但在中部性质较好的夹层的保护下, 能对油水起遮挡作用, E 段底部的两层夹层分布不稳定, 最底部一层夹层仅分布在核部, 自底部倒数第二层夹层分布在东翼及核部, 西翼尖灭。

表 3 夹层性质特征表
Tab 3 Characteristics of properties for each interlayer

类型	孔隙度 (%)	渗透率 (10 ⁻³ μm ²)	厚度 (m)	密度 (g/cm ³)	中子 (%)	岩 心 描 述
I	< 10	< 5	> 0.3	> 2.51	< 13	钙质胶结, 致密, 成岩作用强, 孔渗性极差, 无油显示, 无洞缝, 对油水具有好的阻挡作用。
II	10~ 14	5~ 10	> 0.5	> 2.47	11~ 13	钙质胶结一般, 成岩作用中等, 具有较差孔渗性, 由不见油到油迹, 无缝洞, 对油水具有较好的阻挡作用。
III	11~ 16	10~ 25	> 0.5	> 2.45	13~ 18	钙质胶结, 但较差, 成岩作用一般, 具有一定孔渗性, 含油性由油迹到油斑, 由无缝洞到发育部分很小、连通性较差的缝洞, 对油水有一定阻挡作用。
IV	13.5~ 18	25~ 50	> 0.5	> 2.45	14.6~ 19	钙质胶结及成岩作用差, 具有一定孔渗性, 含油性由油斑到油浸甚至含油, 发育部分较小、连通性较差的缝洞, 对油水具有较差的阻挡作用。

(2) 夹层平面分布特点及油水运动规律。在统计单井夹层厚度和夹层剖面分布规律的基础上, 通过绘制 A、B₂、C、E 4 个层段夹层厚度平面分布图可得出, A 段夹层变化趋势为自南向北逐渐变厚, 开发区夹层大部分厚度较薄, 大约在 0.4~0.6 m, 仅在西北侧(A5 和 A6 井附近)较发育, 厚度最大达 3 m; B₂ 段夹层厚度变化总的趋势表现为由东北向西南

逐渐减薄, 到 LH11-4 井及 D5 井附近尖灭; C 段夹层厚度变化表现为自西向东变薄, 到 LH11-3 井附近尖灭, 在 LH11-1 井附近夹层厚度出现局部高值, 厚达 1.5 m; E 段夹层全区分布稳定, 厚度变化趋势表现为自东西两侧向中间变厚, 在 LH11-1 井附近达到最大, 厚达 3.6 m。高密度、低孔隙在测井上对应相对低渗层, 在反射系数上表现为高值, 在正极性

地震剖面上表现为强振幅,所以地震振幅信息能反映相对低渗层的变化情况。

A 段夹层只对本段油水运动有控制作用,对其他层段的油水运动规律没有影响; B₂ 段夹层对底水在 B₂ 以上段的油水运动有影响,主要是对底水越过 LH11-1 井附近高点后向四周流动时有较好的控制作用; C 段夹层主要对 C 段以上层段中的油水运动有控制作用,使底水沿着 C 段和 B₃ 段之间的一高渗段运动; E 段的夹层在油水界面以上时对底水向上运移有较好的控制作用。

3 层间非均质性

层间非均质性是指某一单元内各层段之间的垂向差异性,通常可用分层系数、各层渗透率分布形式、渗透率变异系数、渗透率级差、单层突进系数及隔层质量等指标来描述^[8]。对于砂泥岩储层来说,渗透率非均质性是层间非均质中最重要的一种,本文通过定量求取渗透率变异系数、渗透率突进系数和渗透率级差以及孔隙度、渗透率、油层厚度以及隔层厚度在各层之间的变化等表征东辛油田东营组 LH 断块的层间非均质性。

表 4 东辛油田东营组 LH 断块各层段原始储层参数
Tab 4 Parameters of original reservoirs in each member of LH block of Dongying formation, Dongxin oil field

层段	A	B ₁	B ₂	B ₃
储层厚度(m)	5.70	8.40	6.10	4.60
有效厚度(m)	3.30	8.40	5.70	4.60
孔隙度(%)	16.03	25.51	18.72	25.80
渗透率(10 ⁻³ μm ²)	98.45	1083.55	408.34	1897.58
含油饱和度(%)	45.80	62.10	46.50	64.34
渗透率变异系数	1.20	0.80	0.80	0.70
渗透率突进系数	10.60	6.30	4.20	4.50
渗透率级差	127.40	77.6	54.70	34.80
夹层厚度(m)	2.40	0	0.40	0

研究区各段储层层间非均质参数见表 4,从表中可看出 A 段 V_K 平均值为 1.2,突进系数和级差也是这 4 个层段中最大的,表明 A 段非均质性最强;主力产油层 B₁ 段油层最厚,物性、含油性均较好,非均质参数居中,夹层不发育,非均质性较 A 段弱; B₂

段非均质参数和 B₁ 段相差不多; B₃ 段各非均质参数都较小,夹层不发育,非均质性最弱。

4 平面非均质性

储层平面非均质性体现为同一油层不同位置的油层物性、原油性质的差异以及由于油层的沉积特征、结构、构造、裂缝发育情况所造成的非均质性。具体表现为储集体的几何形态、规模大小、连续性、连通性及不同规模储层孔隙度、渗透率、含油饱和度、层厚、流体性质等参数的空间不均匀分布,及其对剩余油的分布和油井生产的控制作用。

4.1 常规非均质参数平面分布规律

利用求取的各井点的常规非均质参数分别绘制各非均质参数等值线图,可得出 A 段 3 个非均质参数自南向北均呈增大的趋势, V_K 的变化范围为 0.8~5.6, S_K 的变化范围为 5~75, N_K 的变化范围为 80~480,东西向变化趋势不明显; B₁ 段非均质参数等值图反映出 3 个参数变化趋势基本一致,核部数值较小, $V_K < 0.6$, $S_K < 6$, $N_K < 100$,翼部及东西两侧数值大, V_K 最大达 1.8,因此 B₁ 段翼部及东西两侧储层非均质性较强; B₂ 段渗透率变异系数和突进系数变化趋势基本相同,自东向西增大,变化范围为 $V_K = 0.7 \sim 1.6$, $S_K = 3.0 \sim 8.5$,南北两侧较小, V_K 最小值为 0.2, S_K 最小值为 2, A₃ 井附近 $V_K > 1.3$,反映出 B₂ 段 A₃ 井附近非均质性较强; B₃ 段渗透率变异系数和突进系数变化趋势较明显,表现为自南向北增大,变化范围为: $V_K < 1.1$, $S_K < 10$,渗透率级差等值线图表现为东西两侧较小, LH11-1 井附近较大, $N_K > 100$,但总的来讲 B₃ 段是这 4 个层段中非均质性最弱的。

4.2 储集体厚度影响

储集层有效厚度在平面上的变化也是储层平面非均质性的一个重要方面,研究区除了 A 段以外,各岩性段的储层厚度都表现为轴部厚,边缘薄,由于边缘储集体物性较差,再加上受两条边界断层的影响,表现出开发区两翼比轴部非均质性强。

4.3 流体性质平面非均质性

东辛油田东营组 LH 断块流体性质在平面上同样表现出较强的非均质性,整体表现为 LH11-3 井附近的东高点原油性质较差,而 LH11-1 井附近的西高点原油性质较好,构造高部位原油性质较好,构造低部位原油性质较差。

总之,东辛油田东营组 LH 断块储层非均质性很强,再加上隔夹层的分布及生产井的合采方式造成了边、底水在平面、层间、层内的不均匀推进,导致该区剩余油分布十分复杂。

参考文献:

- [1] 林承焰. 剩余油形成与分布[M]. 东营: 石油大学出版社, 2000. 39-44, 57-76.
- [2] 周贤文(译). 剩余油分布研究综述[J]. 国外油气地质信息, 2000; 24(1): 46-53.

- [3] 孙建平, 樊中海. 剩余油研究现状及发展趋势综述[J]. 石油勘探开发情报, 1999; 15(1): 40-46.
- [4] 余启泰. 关于剩余油研究的探讨[J]. 石油勘探与开发, 1997; 24(2): 46-50.
- [5] 范嘉松. 中国生物礁与油气[M]. 北京: 海洋出版社, 1996. 297-310.
- [6] 邱中建, 龚再升. 中国油气勘探(第四卷): 近海油气区[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999. 978-979.
- [7] 张兴国, 孙卫. 夹层对底水锥进抑制作用的研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 1999; 29(2): 149-152.
- [8] 戴启德, 纪友亮. 油气储层地质学[M]. 东营: 石油大学出版社, 1996. 112-113.

THE STUDY FOR ROCK ANISOTROPISM OF LH FAULT BLOCK, DONGYING FORMATION, DONGXIN OILFIELD

LI Hao

(Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Geological complexity of sedimentary microfacies, faults and liquid property results in strong anisotropism in Dongying formation, Dongxin oil field. In order to express the anisotropism impersonally it not only needs routine anisotropism parameters, but also intralayer, interlayer anisotropism parameters and that in plane, especially, needs to make clear of control of the interlayers on fluid from their recognition criteria, classification and distribution. Moreover, synthetic analysis is made to check out the oil remaining in the block.

Key Words: Dongxin oil field; reservoir; anisotropism; interlayer

(上接第 240 页)

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND GENESIS OF BOIN SUM COPPER POLYMETAL DEPOSIT IN INNER MONGOLIA

XIN He-bin

(The 4th Geological and Mineral Exploration Institute of Inner Mongolia, Ulanqab 012000, China)

Abstract: Boin Sum copper polymetal deposit occurs in meta-volcanic rock of Boin Sum group and granodioritic porphyry that were exposed to ductile deformation. Geological and geochemical characteristics of the deposit show that the south, north ore zones are basically the same in geological characteristics except for their host rocks. Ore fluid all comes from depth and mineralization are all overprinted by ductile shearing. The ductile shearing and porphyry ore-forming processes took place continuously in Caledonian period. The deposit is a complex multi-genesis and multi-emplacement Cu (Mo) polymetal deposit.

Key Words: Boin Sum Cu polymetal deposit; geological characteristics; genetic discussion; Inner Mongolia