

文章编号: 1009-3850(2006)02-0055-04

坪北油田延长组长6油组储层层内非均质性研究

李少华¹, 陈新民², 姚凤英², 张尚峰¹

(1. 长江大学 地球科学学院, 湖北 荆州 434023; 2. 江汉油田 勘探开发研究院, 湖北 潜江 433100)

摘要:在坪北油田应用岩心观察、岩心分析化验资料、测井解释成果、测试及开发动态等方面的资料分析长6储层的非均质性,重点解剖层内非均质性特点,总结了正韵律、反韵律、复合韵律和交互韵律4种类型的层内非均质性。夹层分布较广泛,加剧了层间非均质性。

关键词:坪北油田; 延长组; 储层; 非均质性; 陕北

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

储层非均质性是影响油藏开发效果和开采程度的极为重要的储层特性^[1,2]。在油藏开发过程中采取的许多措施,如分层注水、轮采、选择合理的工作制度和生产压差、堵水调剖以及压裂改造、人工改变流体渗流特性等,都与储层非均质性有关。

储层非均质性的分类方案很多,不同的学者根据不同的研究目的、研究对象,对非均质性的分类也有所不同。裘亦楠既考虑非均质性的规模,也考虑开发生产的实际,将碎屑岩的储层非均质性分为两大类:宏观非均质性(层内、层间、平面),微观非均质性(孔隙)^[3],并对碎屑岩储层的层内非均质性进行了深入研究^[4]。吴胜和、刘泽容、郑浚茂等提出用渗透率、夹层频数、连通系数、储层密度、孔隙度极差、均质系数和隔层厚度等参数表征非均质性^[5~7]。

坪北油田位于陕西省延安地区,地处我国黄土高原的中部,在构造上隶属于鄂尔多斯盆地的陕北斜坡中部褶皱带。上三叠统延长组长6油组是坪北地区的主要产油层,具有低孔特低渗的特点。笔者应用岩心观察、岩心分析化验资料、测井解释成果、测试及开发动态等方面的资料,分析长6储层的非均质性,主要介绍层内非均质性的研究方法与成果。

1 层内非均质性的类型

对岩心、粒度、物性分析资料及电测曲线进行综合研究后认为,坪北延长组长6油组单油层层内非均质类型有A型(正韵律)、B型(反韵律)、C型(复合韵律)和D型(交互韵律)4种。

1.1 A型(正韵律)

正韵律是坪北地区延长组长6储层中常见的沉积类型,主要出现在水下分流河道和水下溢岸、水下天然堤等环境,在不同微相出现的正韵律其物性非均质性有所不同。

1. 渗透率非均质性强

从表1中数据可以看出,正韵律层内渗透率变异系数大于0.8,级差大于5.0,最大达160多,非均质系数2.9以上;垂直渗透率与水平渗透率之比0.307~0.962,一般0.3~0.8;孔隙度变异系数0.25左右,级差4.0左右,非均质系数小于1.4。说明正韵律层渗透率非均质性强而孔隙度非均质性要弱一些。

2. 最好物性段与粒度的关系

该区储层由于受成岩作用影响,渗透率、孔隙度最高值多数位于韵律层的中部或上部(图1),这种

表1 层内物性非均质数据表

Table 1 Data on the intrastratal heterogeneity

韵律类型	井号	渗透率			孔隙度		
		变异系数	级差	非均质系数	变异系数	级差	非均质系数
正	P1	0.86	7.44	2.91	0.31	3.60	1.36
	P2	0.84	169.62	2.98	0.23	4.23	1.19
复合	P3	1.83	172.22	3.71	0.28	3.56	1.14
	P4	0.63	52.50	2.56	0.24	6.41	1.23
	P5	0.61	29.81	2.19	0.23	4.03	1.25
	P6	0.67	6.10	2.53	0.12	1.51	1.20
	P7	1.03	66.67	4.31	0.23	4.52	1.30
	P8	1.74	344.00	7.21	0.23	7.47	1.23
	P9	1.03	217.41	4.73	0.24	3.50	1.25
	P10	1.12	270.00	5.18	0.35	5.39	1.25
	P11	0.95	100.42	4.16	0.14	3.73	1.32
	P12	1.18	87.86	4.39	0.17	2.05	1.39
	P13	0.67	34.13	2.94	0.22	2.40	1.89
交互	P14	0.93	3.54	3.35	0.18	2.13	1.16

情况主要是由于总体上岩性偏细,物性受岩性的影响较小,而与成岩作用的类型、强度及演化历史密切相关。

1.2 B型(反韵律)

反韵律主要出现在三角洲前缘河口坝、远砂坝和水下决口扇微相砂岩中。此次仅在复合韵律中提取了岩心样品,复合韵律中包含有复合反韵律,在此以复合反韵律进行说明。复合反韵律层内渗透率变异系数小于0.7,级差小于53,非均质系数多在2.6以

下;垂直渗透率与水平渗透率之比0.118~0.812;孔隙度变异系数小于0.25,级差一半小于2.5,非均质系数多数小于1.25。总体上比正韵律层的非均质性要弱一些。

1.3 C型(复合韵律)

这种韵律类型的油层在坪北地区长6油组最为常见,除了典型的中间粗、顶底细的复合形式外,还有复合正反韵律以及复合正韵律(正韵律砂体叠置)、复合反韵律(反韵律砂体叠置)等形式。

渗透率变异系数均大于0.6,一半以上的层大于1.0,极差多数大于50,甚至高达340多,非均质系数均大于2(在3以上的层占63.64%);垂直渗透率与水平渗透率之比0.013~0.851。孔隙度变异系数小于0.5,绝大部分0.25左右,72.73%的层极差大于3.5,非均质系数1.2~1.9。

与正韵律层情况一样,物性在韵律剖面上的分布除了与岩性有关外,主要受成岩作用的影响。从现有资料来看,渗透率、孔隙度最高值在这种韵律类型的油层剖面上的分布似乎无明显规律,上部、中部和下部均有可能成为相对好的渗透层(图2)。

1.4 D型(交互韵律)

该区交互韵律层多由粉砂质泥岩、极细砂质粉砂岩和粉砂质极细砂岩交互而成,沉积厚度一般为几米,主要发育于分流河道间或三角洲前缘远河砂坝区及高可容空间条件下的水下分流河道发育区。

从表1中P14井来看,交互层的物性较差,渗透率变异系数0.93,极差3.54,非均质系数3.35;孔隙度变异系数0.18,极差2.13,非均质系数1.16。好物性段位于交互层中岩性相对较粗的部分,如细砂岩、

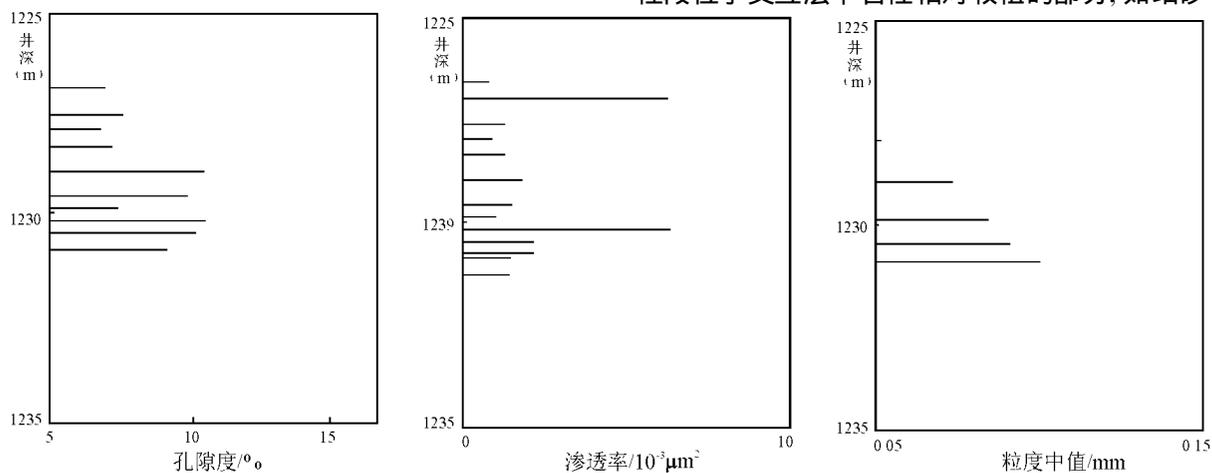


图1 P1井正韵律砂岩物性与粒度的关系

Fig. 1 Relationship between physical property and grain sizes of the sandstone with normal rhythms from P1 well

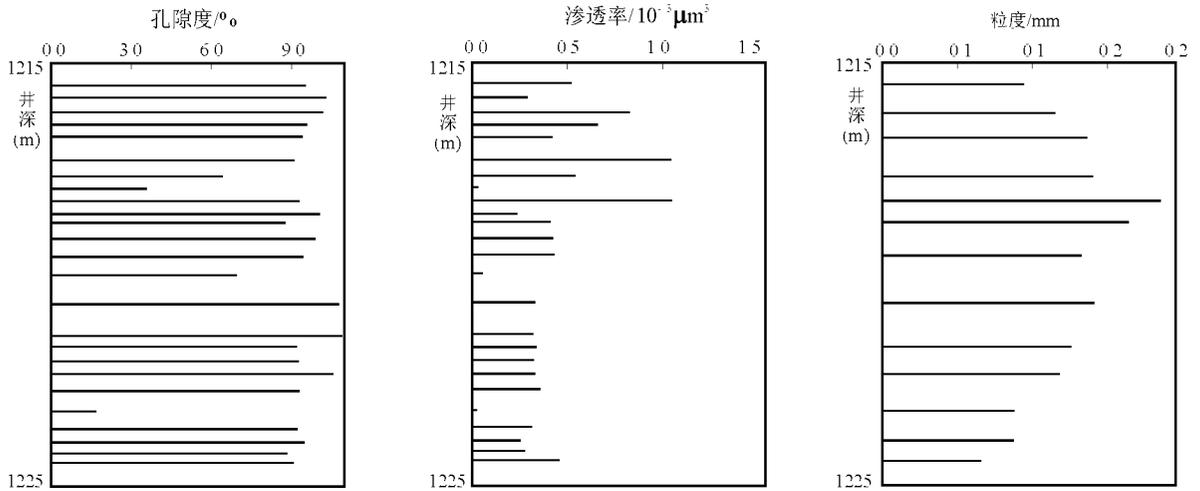


图2 P4井复合韵律砂岩物性与粒度的关系

Fig. 2 Relationship between physical property and grain sizes of the sandstone with composite rhythms from P4 well

极细砂岩等;垂向上好物性段与差物性段交替出现,与粒度韵律有一定的对应关系,综合来看,交互韵律层内物性非均质性也是孔隙度非均质性弱,渗透率非均质性强。

2 层内夹层分布特征

2.1 夹层类型

夹层是指砂层内的相对低渗透层或非渗透层。依据岩电特征,可将坪北地区长6油组内夹层划分为泥质夹层、钙质夹层和致密岩性夹层3种基本类型。

泥质夹层岩性为砂质泥岩、泥岩和粉砂质泥岩、泥质粉砂岩等,在测井曲线上,自然电位曲线幅度减小,自然伽码回返数不小于30%。

钙质夹层岩性为钙质泥岩、胶结致密的钙质细砂岩和粉砂岩等,在测井曲线上,表现为微电极尖峰状,声波时差小于220 μ s/m。

致密岩性夹层以细砂、粉砂为主,致密,夹层具有一定的孔隙度和渗透性,但未达到储层下限。在电测曲线上,自然电位回返数不小于25%,或者声波时差小于220 μ s/m。

这三类夹层在坪北长6油层中的分布略有差别,长6₁中泥质夹层占27.88%,钙质和物性夹层分别占37.50%、34.6%;长6₂中泥质夹层占22.47%,钙质占32.59%,物性夹层占44.94%。

2.2 夹层厚度

据331口井的测井解释资料统计,长6单油层内夹层分布情况略有差别(表2,表3)。

表2 单油层内夹层层数统计表

Table 2 Statistics of interbed numbers in individual pay sets

层位	单层(层)	含夹层单层(层)	夹层总厚/m	夹层分布情况									
				夹层层数	0	1	2	3	4	5	6	7	8
长6 ₁	646	418	1110.66	单层层数	228	176	122	61	36	16	3	3	1
长6 ₂	501	312	788.8	单层层数	189	124	97	57	18	9	6	1	

表3 单个夹层厚度统计表

Table 3 Statistics of interbed thickness in individual pay sets

层位	最大厚度/m	最小厚度/m	平均厚度/m	分布情况							
				夹层厚度/m	≤1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	>6
长6 ₁	6.43	0.39	1.38	单层层数	91	59	15	4	3	3	1
长6 ₂	4.59	0.39	1.25		68	44	5	6	1		

长 6_1 共统计单油层 646 层, 其中含有夹层的油层数为 418 层, 夹层数 1~8 个, 646 层油层平均含夹层 1.72m, 而 418 层含夹层油层平均含夹层 2.66m, 夹层在砂岩中占 20.92%。单个夹层最厚 6.43m, 最薄 0.39m, 平均 1.38m, 夹层厚度在砂岩中占 18.55%。

2.3 夹层的分布特点

夹层在砂层内垂向上的分布具有随机性, 没有明显优势分布位置, 上、中、下均有分布。一半左右的夹层出现在油层中部, 尤其是长 6_2 小层(有 67.42% 的夹层分布在油层中部), 其次是有 1/4 左右的夹层分布在油层的下部。由于夹层厚度不稳定, 单层平面上延伸长度一般也不大; 夹层延伸长度与厚度无关, 并与井之间可比性差。

2.4 夹层分布频率和密度

长 6 夹层频率最小 0.06 层/m, 最大 0.59 层/m, 小于 0.2 层/m 的油层占 63.16%, 0.2~0.4 层/m 的油层占 33.25%, 夹层频率在 0.4 层/m 以上的油层仅占 3.59%, 平均 0.19 层/m。长 6 夹层密度最小 0.04, 最大 0.67, 小于 0.2 的油层占 46.41%, 0.2~0.4 的油层占 48.56%, 夹层频率在 0.4 以上的油层仅占 5.02%, 平均 0.23。

综上所述, 从夹层类型、厚度和频率、密度来看, 各油层层内夹层非均质性较为一致。由于夹层的广泛存在使储层层内渗透性变化大, 非均质性强。

3 结论

坪北油田长 6 储层层内非均质性可划分为 4 种

类型。正韵律是常见的沉积类型, 主要出现在水下分流河道和水下溢岸、水下天然堤等环境; 反韵律主要出现在三角洲前缘河口坝、远砂坝和水下决口扇微相砂岩中; 复合韵律类型的油层最常见; 交互韵律发育于分流河道间或三角洲前缘远河砂坝区。通过夹层的研究表明, 各油层层内夹层非均质性差别不大, 夹层的广泛存在使储层层内渗透性变化差异变大, 非均质性增强。

参考文献:

- [1] 裘怿楠, 陈子琪. 油藏描述[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996. 152-172.
- [2] 戴启德, 黄玉杰. 油田开发地质学[M]. 东营: 石油大学出版社, 1999. 291-302.
- [3] 裘怿楠. 碎屑岩储层沉积基础[M]. 北京: 石油工业出版社, 1987. 3-6.
- [4] 裘怿楠, 许士策, 肖敬修. 沉积方式与碎屑岩储层的层内非均质性[J]. 石油学报, 1985, 6(1): 41-49.
- [5] 吴胜和, 熊琦华. 油气储层地质学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1998. 159-172.
- [6] 刘泽容, 信荃麟, 王伟锋, 等. 油藏描述原理与方法技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993. 56-63.
- [7] 郑浚茂, 于兴河, 谢承强, 等. 不同沉积环境储层的层内非均质性——以黄骅坳陷为例[J]. 现代地质, 1995, 9(4): 501-508.

Reservoir heterogeneity of the Chang-6 pay sets of the Yanchang Foramtion in the Pingbei Oil Field

LI Shao-hua¹, CHEN Xin-min², YAO Feng-ying², ZHANG Shang-feng¹

(Faculty of Earth Sciences, Changjiang University, Jingzhou 434023, Hubei, China; 2. Jiangnan Oil Field, Qianjiang 433100, Hubei, China)

Abstract: The reservoir heterogeneity of the Chang-6 pay sets of the Yanchang Foramtion in the Pingbei Oil Field is examined on the basis of the data of cores, well logging interpretation, experimental analysis and exploitation regimes. Four types of intrastratal heterogeneity are summarized: normal rhythms, reversed rhythms; composite rhythms and alternating rhythms. The widespread occurrence of interbeds results in the increase of the intrastratal heterogeneity.

Key words: Pingbei Oil Field; Yanchang Foramtion; reservoir; heterogeneity; northern Shaanxi