

东营凹陷西部沙四段上亚段滩坝砂体储集空间特征

田美荣^{1,2}

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640;

2. 中国石化胜利油田分公司地质科学研究所, 山东 东营 257015)

摘要:通过岩心观察、薄片鉴定、扫描电镜分析和压汞资料分析等方法,对东营凹陷西部沙四段上亚段滩坝砂体储集空间特征、孔隙结构特征及控制因素进行了系统的研究。其储集空间分为孔隙和裂缝2种类型,其中,原生孔隙主要为压实残余孔隙和胶结残余孔隙,次生孔隙主要为粒间溶解孔隙,裂缝以构造裂缝为主。孔隙结构主要受成岩作用的影响,埋深小于2 700m、处于早成岩阶段的滩坝砂体储集空间主要为原生孔隙,孔隙结构主要为高孔高渗透粗喉型和中高孔中高渗透中喉型;埋深为2 700~3 500m、处于中成岩A期的滩坝砂体储集空间主要为次生溶解孔隙,孔隙结构以中高孔中高渗透中喉型和中低孔中低渗透中细喉型为主。

关键词:滩坝砂体;储集空间;孔隙结构;沙四段上亚段;东营凹陷

中图分类号:TE112.23

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2008)02-0031-03

东营凹陷西部勘探面积为950km²,沙四段上亚段纯下次亚段沉积时期该区属于滨浅湖区,来自盆缘的冲积扇等近岸浅水砂体经湖浪改造形成广泛分布的滩坝沉积。“十五”以来,东营凹陷先后在纯化一小营、滨东和正理庄等地区发现了多个滩坝砂体含油气区,截至目前,滩坝砂体油藏累积探明储量达2.1×10⁸t以上,展现了滩坝砂体油藏巨大的勘探潜力。由于滩坝砂体埋藏较深,储层物性较差,储集空间比较复杂,影响了下步勘探部署,因此,加强基础地质研究对于指导滩坝砂体油藏勘探开发具有重要的意义^[1]。

1 储集空间特征

依据岩心观察、薄片鉴定和扫描电镜等分析结果,将东营凹陷西部沙四段上亚段滩坝砂体的储集空间归纳为孔隙和裂缝2种类型。

1.1 孔隙特征

孔隙主要包括原生孔隙和次生孔隙。原生孔隙是指沉积物在原始沉积时形成并保存至今的粒间孔隙,包括压实残余原生粒间孔隙、胶结残余粒间孔隙和杂基中的微孔隙^[2]。该区埋深相对较浅的滩坝砂体原生孔隙较发育,主要为压实残余原生孔隙和

胶结残余原生孔隙。

次生孔隙是指岩石在埋藏过程中发生各种成岩作用所形成的储集空间,按成因可将其分为溶解孔隙和矿物晶间孔隙^[2]。溶解孔隙是该区滩坝砂体最主要的储集空间,主要指在酸性地层水条件下,长石、岩屑以及碳酸盐矿物等易溶组分发生溶解作用形成的孔隙,可进一步分为粒间溶孔、粒内溶孔和超大孔隙。粒间溶孔指颗粒间填隙物或颗粒边缘发生溶解形成的次生孔隙。该区滩坝砂体粒间溶孔主要为粒间碳酸盐胶结物或杂基发生溶解形成的孔隙,颗粒边缘一般较平直。粒内溶孔主要指长石和岩屑等颗粒内部发生溶解作用形成的孔隙。该区滩坝砂体主要有长石内溶孔和岩屑内溶孔,其中以长石沿解理缝发生溶解作用形成的粒内溶孔为主。粒内溶孔一般连通性较差,对油气的运聚意义不大。超大孔隙是指颗粒和填隙物同时被溶解形成的孔隙,孔隙的大小超过了岩石中任何一个颗粒的大小。

1.2 裂缝特征

东营凹陷西部沙四段上亚段滩坝砂体主要发育构造裂缝和成岩裂缝。构造裂缝主要为一系列的张性裂缝,一般延伸较长,沿裂缝常伴有溶解现象,加大了裂缝的宽度。构造裂缝既可以提高储层的储集能力,又可以提高储层的渗流能力。成岩裂缝是指

收稿日期 2008-01-04; 改回日期 2008-02-21。

作者简介:田美荣,女,高级工程师,1990年毕业于石油大学(华东)石油地质专业,现为中国科学院广州地球化学研究所地球化学专业在读博士研究生,从事油气勘探综合研究。联系电话:(0546)8715372, E-mail:tianmr@slof.com。

基金项目:中国石化攻关课题“陆相断陷盆地油气成藏过程定量研究”(PO6016)

在成岩作用过程中所形成的各种裂缝,根据成岩作用类型可将其分为成岩收缩缝和压实裂缝,该区主要发育压实裂缝,而成岩收缩缝主要出现在泥质沉积物中。压实裂缝主要表现为颗粒的破碎或沿矿物解理破裂,与构造裂缝相比,一般不规则,延伸距离短,延伸规模与颗粒性质和位置等因素有关,且压实裂缝有时表现为上宽下窄的特点。

2 孔隙结构特征及控制因素

孔隙结构是指岩石所具有的孔隙和喉道的几何形状、大小、分布及其相互连通关系^[3],是影响储集岩渗透能力的主要因素,对油气的运聚成藏和开采均起到重要的控制作用。利用19口油井67个样品的压汞资料,结合成岩作用研究,详细分析了东营凹陷西部沙四段上亚段滩坝砂体的孔隙结构特征及其控制因素。

2.1 孔隙结构特征

根据毛细管压力曲线的形态以及对分选系数、歪度、最大进汞饱和度和退汞效率等特征参数的定性分析^[4-5],将该区滩坝砂体的毛细管压力曲线分为4种类型(图1)。

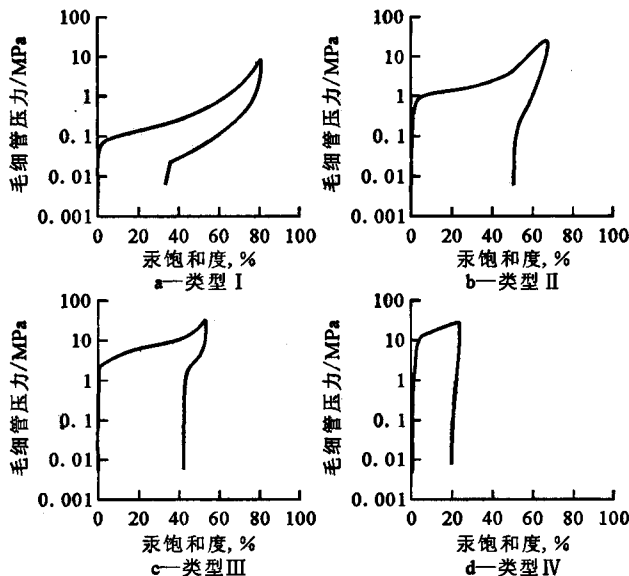


图1 东营凹陷西部沙四段上亚段滩坝砂体毛细管压力曲线模式

类型I的毛细管压力曲线平台区宽缓,分选好,孔隙喉道分布均匀;粗歪度,喉道粗,孔隙大;退汞效率高,孔喉连通性好。类型II的毛细管压力曲线平台区较宽,分选中等,孔隙喉道分布较均匀;较粗歪度,喉道较粗,孔隙较大;退汞效率中等,孔喉连通性较好。类型III的毛细管压力曲线平台区较窄,分选

较差,孔隙喉道分布不均匀;细歪度,喉道较细,孔隙较小;退汞效率低,孔喉连通性较差。类型IV的毛细管压力曲线几乎不存在平台区,分选很差,孔隙喉道分布极不均匀;细歪度,喉道很细,孔隙很小;退汞效率低,孔喉连通性很差。

在毛细管压力曲线分类的基础上,结合喉道中值及物性参数^[6],将该区的孔隙结构划分为以下4种类型。

高孔高渗透粗喉型 孔隙度为20%~25%,渗透率大于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,喉道半径中值为0.7~1.6 μm ,孔喉半径平均值为1.2~3.4 μm ,为粗喉道;排驱压力小于0.2MPa,退汞效率大于50%,毛细管压力曲线对应于类型I。

中高孔中高渗透中喉型 孔隙度为10%~20%,渗透率为 $0.2 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,喉道半径中值为0.1~0.6 μm ,孔喉半径平均值为0.2~0.9 μm ,为中等喉道;排驱压力为0.2~0.5MPa,退汞效率为25%~50%,毛细管压力曲线对应于类型II。

中低孔中低渗透中细喉型 孔隙度为5%~15%,渗透率为 $0.08 \times 10^{-3} \sim 0.2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,喉道半径中值为0.02~0.08 μm ,孔喉半径平均值为0.07~0.2 μm ,为中细喉道;排驱压力为1.5~2.2MPa,退汞效率为15%~40%,毛细管压力曲线对应于类型III。

低孔低渗透特细喉型 孔隙度小于9%,渗透率小于 $0.03 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,喉道半径中值小于0.02 μm ,孔喉半径平均值小于0.05 μm ,为特细喉道;排驱压力大于10MPa,退汞效率小于25%,毛细管压力曲线对应于类型IV。

总体而言,研究区沙四段上亚段滩坝砂体孔隙结构以中高孔中高渗透中喉型为主(约占48.6%),其次为高孔高渗透粗喉型和中低孔中低渗透中细喉型,低孔低渗透特细喉型较少。

2.2 孔隙结构控制因素

滩坝砂体岩性单一,分选性和磨圆度均较好,成熟度较高,因此砂体性质对孔隙结构的影响相对较小,成岩作用是滩坝砂体孔隙结构的主要影响因素。

根据镜质体反射率、古地温、粘土矿物特征和成岩作用特征等成岩阶段划分标志,将东营凹陷西部沙四段上亚段成岩作用阶段划分为早成岩A期(埋深小于1700m)、早成岩B期(埋深为1700~2700m)和中成岩A期(埋深为2700~3500m)^[7]。

由东营凹陷西部沙四段上亚段滩坝砂体最大孔

喉半径与埋深的关系可以看出(图2):埋深小于2 700m的滩坝砂体孔隙结构主要为高孔高渗透粗喉型和中高孔中高渗透中喉型,少量为中低孔中低渗透中细喉型;埋深为2 700~3 500m的滩坝砂体孔隙结构主要为中高孔中高渗透中喉型和中低孔中低渗透中细喉型,少量为低孔低渗透特细喉型。埋深小于2 700m的滩坝砂体处于早成岩阶段,成岩作用较弱,主要以弱压实和弱胶结作用为主,原生孔隙得到很好的保存,孔隙度和渗透率较高,孔隙连通性较好。埋深为2 700~3 500m的滩坝砂体处于中成岩A期,由于埋深加大,压实作用和胶结作用增强,原生孔隙大大减少。但是,中成岩A期为油气大量生成的时期,有机质热演化生烃过程中释放的大量有机酸溶解了长石、岩屑颗粒以及碳酸盐矿物等不稳定组分,形成了大量的次生孔隙。同时,研究区沙四段上亚段埋深大于2 700m的地层压力普遍为中超压,异常高压对储层具有良好的保护作用^[8]。

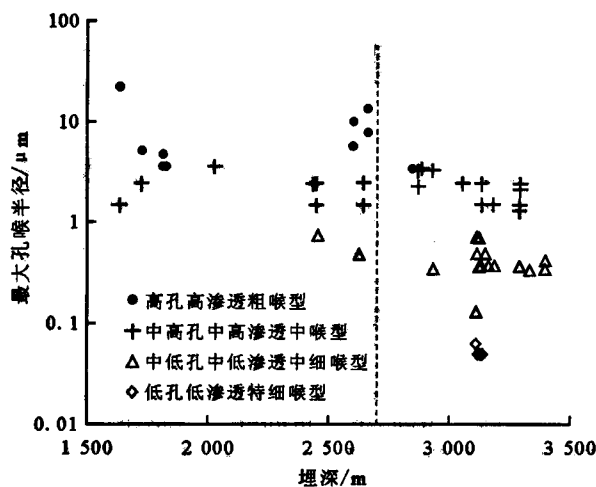


图2 东营凹陷西部沙四段上亚段滩坝砂体最大孔喉半径与埋深的关系

3 结论

东营凹陷西部沙四段上亚段滩坝砂体储集空间主要为原生孔隙、次生孔隙和裂缝,原生孔隙主要为压实残余孔隙和胶结残余孔隙,次生孔隙主要为粒间溶解孔隙,裂缝以构造裂缝为主。该区滩坝砂体孔隙结构主要受成岩作用的影响,埋深小于2 700m处于早成岩阶段的滩坝砂体储集空间主要为原生孔隙,孔隙结构主要为高孔高渗透粗喉型和中高孔中高渗透中喉型;埋深为2 700~3 500m处于中成岩A期的滩坝砂体储集空间主要为次生溶解孔隙,孔隙结构以中高孔中高渗透中喉型和中低孔中低渗透中细喉型为主。

参考文献:

- [1] 刘显太. 纯41块沙四段低渗透储层特征研究[J]. 油气地质与采收率, 2003, 10(3): 22-24.
- [2] 姜在兴. 沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.
- [3] 蒋裕强, 郭贵安, 陈辉, 等. 川中地区上三叠统须家河组二段和四段砂岩优质储层成因探讨[J]. 油气地质与采收率, 2007, 14(1): 18-21.
- [4] 罗蛰潭, 王允诚. 油气储集层的孔隙结构[M]. 北京: 科学技术出版社, 1986.
- [5] 刘太勋, 徐怀民, 尹志军, 等. 陆东凹陷库伦塔洼陷下白垩统储层特征[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(6): 13-15.
- [6] 李继红, 陈清华. 孤岛油田储层微观结构特征及其影响因素[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2001, 31(3): 242-244.
- [7] 中华人民共和国石油天然气行业. SY/T 5477—2003 碎屑岩成岩阶段划分规范[S]. 北京: 石油工业出版社, 2003.
- [8] 戴立昌, 刘震, 赵阳, 等. 济阳坳陷异常高压和异常低压特征及成因分析[J]. 地学前缘, 2003, 30(3): 68-70.

编辑 经雅丽