

文章编号: 1009-3850(2007)04-0085-06

南堡凹陷老爷庙油田新近系储层特征与油气成藏

李宏义¹, 姜振学¹, 董月霞², 马 乾², 王旭东², 刘 晓²

(1. 中国石油大学 盆地与油藏研究中心, 北京 102249; 2. 中国石油冀东油田 勘探开发研究院, 河北 唐山 063004)

摘要: 南堡凹陷老爷庙油田新近系馆陶组和明化镇组仍是目前勘探和开发的重点层段。新近系以河流相沉积为主, 储层岩石类型以长石砂岩和岩屑长石砂岩为主, 孔隙结构以中孔和大孔为主, 分选较好; 储层成岩作用相对较弱, 碳酸盐析出是降低原生孔隙的重要因素, 孔隙类型以粒间孔为主, 馆陶组见少量粒间溶孔和粒内溶孔。储层成岩作用对油气聚集有利, 储层沉积微相控制了油气的聚集和分布, 河道和废弃河道砂体具有良好的储盖配置关系, 是最有利的油气聚集相带; 心滩砂体由于其封盖条件不如河道砂体优越, 而含油性性相对较差。

关键词: 新近系; 储层; 油气成藏; 南堡凹陷

中图分类号: TE121.3 **文献标识码:** A

1 地质概况

南堡凹陷是渤海湾盆地黄骅拗陷北部的一个中、新生代发育起来的小型生油凹陷, 位于唐山市南, 紧邻东西走向的燕山隆褶带南缘, 北面以西南庄和柏各庄大断裂为界, 南面与沙垒田凸起呈断超式接触^[1]。老爷庙构造位于南堡凹陷的西北部(图 1), 是一个受凹陷北部西南庄边界断层控制的二级构造单元, 构造性质为一个继承性发育的滚动背斜。老爷庙油田钻遇地层自下而上依次为古近系的沙河街组和东营组以及新近系的馆陶组和明化镇组。其中, 馆陶组和东营组之间以及东营组和沙河街组之间均以不整合接触^[2]。明化镇组分为上、下两个亚段, 明化镇组下段又分 I ~ II 砂层组, 馆陶组分为 I ~ IV 砂层组。目前, 新近系的明化镇组下段、馆陶组和古近系的东营组是老爷庙油田的主要产油层段^[2]。

2 储层特征

2.1 沉积特征

根据地层岩性、岩石学特征, 通过沉积旋回、岩电组合、沉积结构和构造综合分析认为, 老爷庙地区新近系主要为河流相沉积。自中新世以来, 南堡凹陷整体处于拗陷期, 边界断裂继承性活动和燕山物源的控制下^[3,4]。新近系主要发育河流相沉积体系, 是抬升背景上的旋回早期产物, 表现为碎屑供给充分、河流发育的沉积特点。明化镇组以曲流河沉积为主, 早期是拗陷的主要发展期, 沉积范围及一步扩大, 以紫红色、绿灰色泥岩为主夹砂层沉积为特点, 之后冲积平原扩展, 发育以泛滥平原为主的曲流河为主的沉积砂体(图 2)。根据对区内取心井的岩心观察、薄片分析和各砂层组的沉积特征分析认为, 老爷庙地区新近系河流沉积主要包括河道、废弃河道、天然堤、泛滥平原和决口扇等 6 个类型微相。

收稿日期: 2007-03-27; 修改日期: 2007-07-02

第一作者简介: 李宏义, 1979 年生, 博士研究生, 地质资源与地质工程专业。

资助项目: 国家自然科学基金项目(40472078); 冀东油田基础研究项目“南堡凹陷油气资源形成基础及富集规律”。

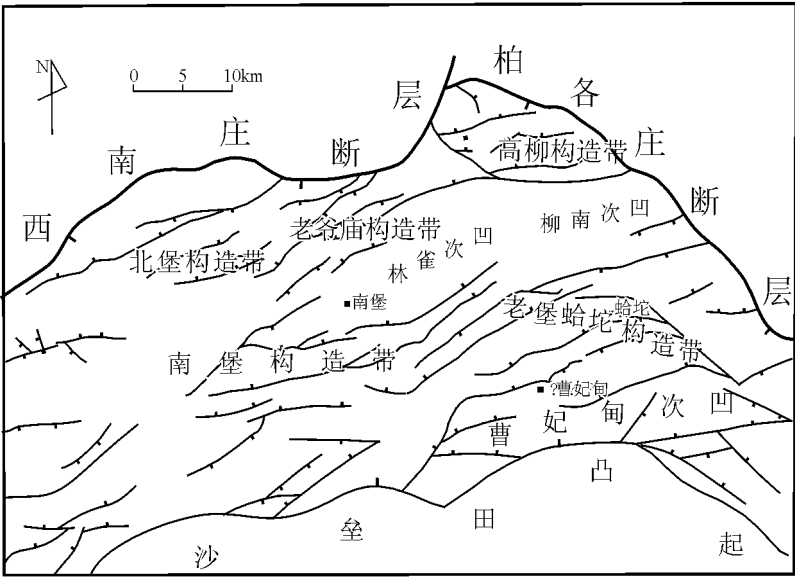


图1 研究区区域构造单元划分

Fig. 1 Division of the tectonic units in the Nampu region

地 层					岩性剖面	沉积相	储盖组合	
统	组	段	砂层组	厚度/m			储层	盖层
上新统	明化镇组	下段	I	130~170	辫状河道			
					曲流河道			
			II	100~140	泛滥平原			
					曲流河道			
		III		120~160	泛滥平原			
中新统	馆陶组	一段	I	70~115	辫状河道			
		二段	II	65~85				
		三段	III	140~190	泛滥平原			
					辫状河道			
					火山岩相			
		四段	IV	75~110	冲积扇			

图2 老爷庙地区新近纪地层综合柱状

Fig. 2 Composite column of the Neogene deposits in the Laoyemiao Oil Field

2.1 岩石学特征

老爷庙地区具有近物源碎屑沉积的特点, 粒度变化较大, 成熟度相对较低。根据 10 口取心井的岩心观察, 新近系岩石类型主要有粉砂岩、细砂岩、中—粗砂岩和含砾砂岩。馆陶组储层岩性要比明化镇组粗, 中粗砂岩与含砾砂岩含量可达17%, 而明化镇组一般在10%左右。馆陶组粒度中值平均为0.173mm, 分选系数中等—差; 明化镇组粒度中值为0.141, 分选系数中等。

图3是根据该区 5 口井的薄片矿物鉴定数据, 按照冯增昭(1992)提出的分类方案^[5]绘制的储层成分三角图。可以看出, 砂岩碎屑组分主要为长石砂岩, 次要为岩屑长石砂岩, 以细粒组分为主。馆陶组储层碎屑成分以石英为主, 平均为41.8%, 其次为长石和岩屑, 平均分别为34.4%和19.9%; 明化镇组储层碎屑成分以长石为主, 平均为43.3%, 其次为石英和岩屑, 平均分别为34.6%和20.5%。长石成分中主要为钾长石和钠长石, 含有少量斜长石, 岩屑成分较为复杂。

2.2 物性特征

根据老爷庙地区新近系 9 口取心井实测物性分析资料, 馆陶组孔隙度为7%~31%(平均为23%), 渗透率 $(2 \sim 1068) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (平均为 $368 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$), 为中孔中渗储层; 明化镇组孔隙度17%~33%(平均为27%), 渗透率 $(1.5 \sim 4995) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (平均为 $664 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$), 为高孔高渗储层。而且, 孔隙度和渗透率具有很好正相关关系(图4)。该区储

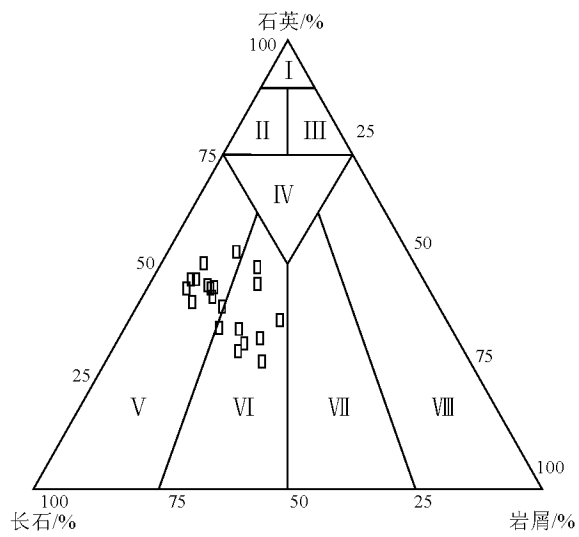


图3 老爷庙地区新近系砂岩分类三角图
I .石英砂岩; II .长石石英砂岩; III .岩屑石英砂岩; IV .长石岩屑石英砂岩; V .长石砂岩; VI 岩屑长石砂岩; VII 长石岩屑砂岩; VIII 岩屑砂岩
Fig.3 Triangular diagram showing the classification of the Neogene sandstones in the Laoyemiao Oil Field
I = quartz sandstone; II = feldspathic quartz sandstone; III= lithic quartz sandstone; IV= feldspathic lithic quartz sandstone; V= arkose; VI= lithic arkose; VII= feldspathic lithic sandstone; VIII= lithic sandstone

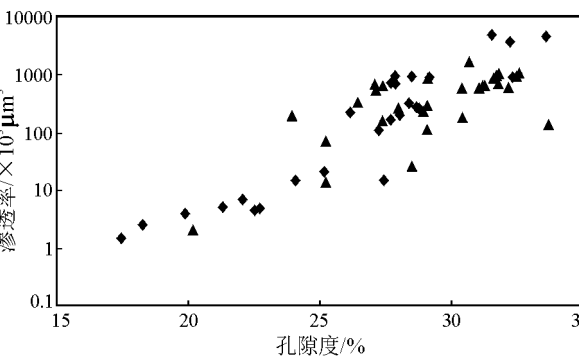


图4 老爷庙地区新近系储层孔隙度-渗透率相关图
◆ 明化镇组; ▲ 馆陶组
Fig.4 Porosity-pemeability diagram for the Neogene reservoirs in the Laoyemiao Oil Field
◆ Minghuazhen Formation; ▲ Guantao Fomation

层物性具有明显非均质性,一方面表现为同一层位不同相带储层差别较大,另一方面,不同层位相同相带储层物性相差悬殊(表1)。

2.3 成岩作用与孔隙演化

根据镜质体反射率、粘土矿物演化阶段、自生矿物分布及形成顺序的综合分析,老爷庙地区新近系储层现处于早成岩阶段B期阶段(图5)。成岩作用主要有压实作用、胶结作用和溶蚀作用。压实作用包括机械压实作用和化学压实作用。机械压实作用主要是由于上覆地层压力使原始沉积储层脱水,颗粒调整方位重新排列使岩石体积变小,孔隙度和渗透率减小^[9]。根据岩石薄片和铸体薄片观察,老爷庙新近系储层机械压实作用不很强烈,碎屑颗粒以点、线接触为主(图6a);化学压实作用主要表现为自生粘土矿物的粒间充填、长石与石英等碎屑颗粒

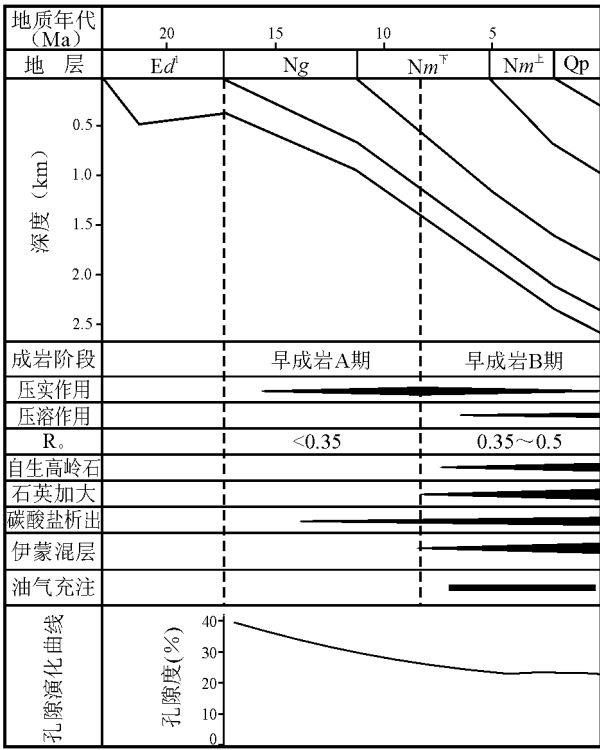


图5 老爷庙地区新近系成岩序列及孔隙演化图
Fig.5 Diagram showing the diagenetic sequences and porosity evolution in the Neogene reservoirs of the Laoyemiao Oil Field

表1 老爷庙地区新近系储层物性对比表

Fig.1 Division of the tectonic units in the Nanpu region			孔隙度/ %		渗透率/ 10 ⁻³ μm ²	
层位	相带	井号	范围	平均值	范围	平均值
明化镇组	河道	M7	31.6~37.9	33.9	653~4995	3460
	天然堤	M5	28.5~33.8	31	27~179	119.5
馆陶组	河道	M22	17.5~35.1	29.2	4.4~945	247.9

的自生加大等^[7,8]。老爷庙地区储层颗粒的自生加大规模不大,对孔隙体积缩小所占的比例较小,而自生粘土矿物形成和碳酸盐析出是降低原生孔隙的主要因素。

胶结作用以碳酸盐胶结最为常见,碳酸盐成分以方解石为主,同时可见少量白云石。碎屑岩中的碳酸盐以次生成因更为广泛。在整个沉积埋藏过程中均有碳酸盐析出,同生期及早成岩阶段初期析出碳酸盐以隐晶、细粉晶为特征,很少有结晶程度很高的碳酸盐,随着成岩作用的加深碳酸盐结晶程度变好。在铸体薄片可见较发育的碳酸盐胶结现象,既有泥晶碳酸盐胶结(图 6b),也有连晶胶结(图 6c)。

溶蚀作用在该区有所发育,既有颗粒溶蚀也有碳酸盐胶结物溶蚀。颗粒溶蚀以长石颗粒为主(图 6d),胶结物溶蚀以碳酸盐胶结物(如方解石)为主。馆陶组储层的溶蚀现象比明化镇组常见。

2.4 孔隙结构类型

老爷庙地区明化镇组储层以粒间孔为主,偶见颗粒溶蚀现象;馆陶组储层以粒间孔为主,见少量粒间溶蚀孔和少量长石、碎屑溶蚀而成的次生粒内孔。据统计分析(牛仁冲、洪德明,2004,老爷庙浅层精细油藏描述成果报告),粒间孔平均占孔隙系统的89.6%,粒

内孔平均占3.8%,颗粒铸模孔平均占5.6%,胶结物内孔和颗粒裂隙孔隙所占比例较小,分别为0.7%和0.2%。通过庙25、庙17-14、庙17-17、庙28-2等9口井压汞资料分析,孔隙结构类型可明显分为4种类型,即大孔粗喉型(孔隙直径>100 μ m,20 μ m<喉道半径<50 μ m)、中孔中喉型(20 μ m<孔隙半径<100 μ m,10 μ m<喉道半径<20 μ m)、小孔细喉型(5 μ m<孔隙半径<20 μ m,1 μ m<喉道半径<10 μ m)和微孔微喉型(孔隙半径<5 μ m,喉道半径<1 μ m),以中孔和大孔型孔隙为主,并且明化镇组储层孔隙结构明显好于馆陶组。

3 储集条件与油气成藏

3.1 沉积微相对油气成藏的控制

根据测试资料作出了研究区沉积相与油气分布关系图(图7、图8)。可以看出,老爷庙地区新近系目前所发现的油气藏主要发育在河流沉积体系的河道微相砂岩储层中,油气平面分布受沉积相制约明显,这是由于不同沉积相带导致储层物性具有差异性^[9,10]。

辫状河河道频繁改道,便留下废弃河道,并常见废弃河道充填沉积^[5]。曲流河的裁弯取直作用使河道迁移改道,原先的河道段经充填淤积也形成废弃

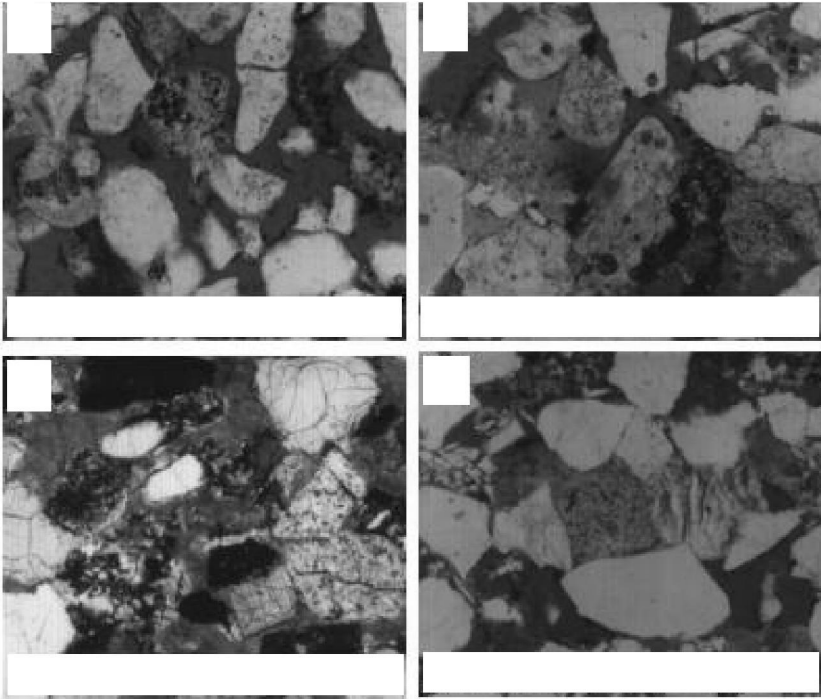


图6 老爷庙地区新近系储层薄片照片(据冀东油田研究院)
Fig.6 Microphotographs of the Neogene reservoirs in the Laoyemiao Oil Field

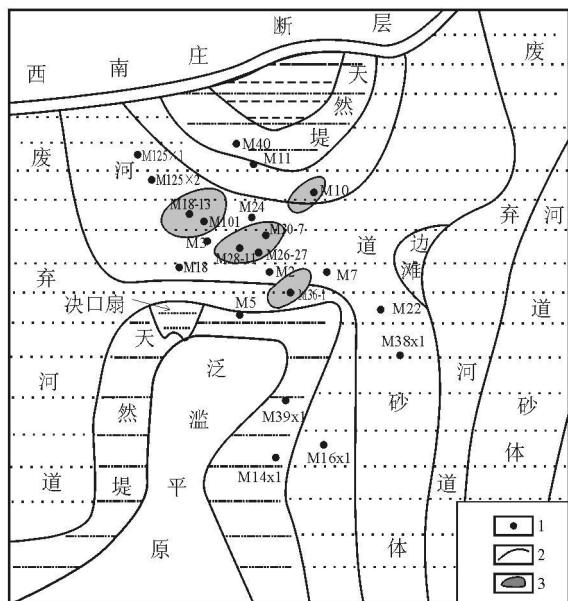


图7 老爷庙地区明化镇组下段Ⅱ砂组油气分布与沉积微相关系

1. 井位; 2. 微相边界; 3. 含油面积

Fig. 7 Relationship between sedimentary microfacies and hydrocarbon accumulation in the second sandstone sets of the lower member of the Minghuazhen Formation in the Laoyemiao Oil Field

1=well site; 2= microfacies boundary; 3= oil area

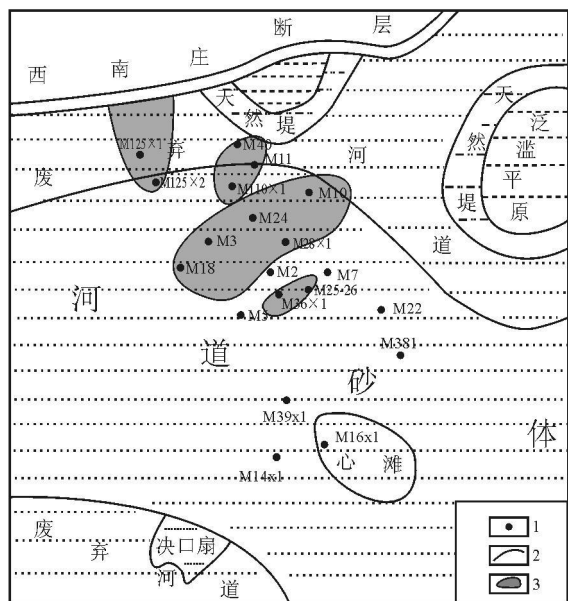


图8 老爷庙地区馆陶组Ⅱ砂组油气分布与微相关系

1. 井位; 2. 微相边界; 3. 含油面积

Fig. 8 Relationship between sedimentary microfacies and hydrocarbon accumulation in the second sandstone sets of the Guantao Formation in the Laoyemiao Oil Field

1=well site; 2= microfacies boundary; 3= oil area

河道沉积。这种砂体在纵向上一般呈正韵律: 下部为砾岩或含砾砂岩, 中部为砂岩, 上部为泥质岩, 平面上常不连续。废弃河道砂的顶部泥岩发育, 常具局部盖层, 故废弃河道砂体有利于油气聚集和保存。

心滩是辫状河沉积砂体中重要的微相。河道中心部分携带的粗碎屑物, 在水动力条件变化时首先在河道中央沉积, 同时阻滞较细的碎屑物在河道中央生成中脊, 形成心滩, 心滩迎水的头部沉积物较粗, 尾部较细, 有利于油气聚集。但由于心滩砂体在纵向上常相互连通, 缺少盖层不利于油气的保存。剖面上, 沉积主要为中粗粒砂岩, 细屑岩所占比例较小, 砂泥比值高, 层间泥岩隔层及层内泥岩夹层少, 因此, 对于油气成藏来讲心滩砂体缺少优越的封盖条件, 对油气的保存不利。在自然电位曲线上表现为箱形或齿化箱形, 反映较强的水动力条件。视电阻率曲线较平直, 表明其含油性相对较差。

3.2 成岩作用对油气成藏的控制

从纵向上看, 老爷庙地区新近系油气富集程度高与之具有良好的储集空间是密不可分的, 也就是受其成岩作用的控制。碎屑岩沉积之后, 原始孔隙的多少受沉积环境的控制, 当碎屑物进入埋藏成岩时期之后, 岩石储集空间演变受控于成岩作用改造的结果^[1]。

如前所述, 老爷庙地区新近系主要成岩作用包括压实作用、胶结作用和溶蚀作用。压实作用对储层储集性能具有破坏性作用^[8], 但由于新近系埋藏浅(不超过 2500m) 机械压实作用小, 颗粒间以点接触为主, 岩石以颗粒支撑为主, 另外化学沉淀作用也不强烈, 使原始粒间孔得到很好的保存, 对油气成藏有利。溶蚀作用对储层的储集性能具有建设性作用, 如长石的溶蚀作用, 使部分孔隙变大, 连通性变好。从层位上看, 明化镇组比馆陶组埋藏更浅, 压实作用相对较弱, 原始孔隙保存更好, 但馆陶组的溶蚀作用要比明化镇组发育, 对于孔隙发育具有互补性。总的来讲, 无论是明化镇组还是馆陶组所处成岩演化阶段都为油气成藏提供了储集有利空间。

4 结 论

(1) 老爷庙油田新近系主要为河流相沉积, 主要包括河道、废弃河道、心滩和边滩等沉积微相类型; 储层岩性以细粒组分占优的长石砂岩和岩屑长石砂岩为主; 储层孔渗性好, 馆陶组属中孔中渗型, 明化镇组属高孔高渗型; 孔隙结构以中孔和大孔为主, 分选较好; 储层成岩作用相对较弱, 孔隙类型以粒间孔

为主,馆陶组见少量粒间溶孔和粒内溶孔,碳酸盐的析出胶结是降低原生孔隙的重要因素。

(2)老爷庙新近系油气藏分布的控制因素主要包括两个方面:在平面上,主要受控于沉积微相类型,河道和废弃河道微相沉积发育良好的储盖组合,为油气聚集和保存最为有利的相带,心滩砂体虽具有良好物性条件,由于缺少优越的封盖条件而含油气性相对较差;在剖面上,明化镇组和馆陶组储层处于早成岩晚期阶段,大量原生孔隙得到保存,为油气成藏提供了充分储集空间。因此,加强储层沉积微相的精细划分,对于寻找储盖配置关系良好的砂体,提高勘探开发效率具有重要意义。

参考文献:

[1] 周海民,丛良滋,董月霞,等.断陷盆地油气成藏动力学与含油气系统表征——以渤海湾盆地南堡凹陷为例[M].北京:石油工业出版社,2005.

[2] 周海民,董月霞,谢占安,等.断陷盆地油气勘探理论与实践——以渤海湾盆地南堡凹陷为例[M].北京:石油工业出版社,2005.

[3] 周海民,魏忠文,曹中宏,等.南堡凹陷的形成演化与油气关系[J].石油与天然气地质,2000,21(4):345—349.

[4] 袁选俊.南堡凹陷第三系沉积特征[J].石油勘探与开发,1994,21(4):87—94.

[5] 冯增昭.沉积岩石学[M].北京:石油工业出版社,1992.

[6] 郑茂凌,庞明.碎屑储积岩的成岩作用研究[M].武汉:中国地质大学出版社,1989.

[7] 王志宏,李建明,高振中,等.渝东武隆上寒武统孔隙结构特征及成岩作用研究[J].沉积与特提斯地质,2002,22(3):69—73.

[8] 刘孟慧,赵澄林.碎屑岩成岩演化模式[M].东营:石油大学出版社,1993.

[9] 李琦,田景春,何建军,等.河流相砂体的沉积微相特征——以济阳坳陷埕东北坡馆陶组砂体为例[J].岩相古地理,1999,19(1):25—31.

[10] 方石,刘招君,王少双,等.松辽盆地合隆地区泉头组河流沉积体系判别及其形成条件分析[J].吉林大学学报(地球科学版),2003,33(3):306—311.

[11] 赵澄林,刘孟慧.东濮凹陷下第三系砂体微相和成岩作用[M].东营:石油大学出版社,1988.

Neogene reservoirs and hydrocarbon accumulation in the Laoyemiao Oil Field, Nanpu depression, Hebei

LI Hong-yi¹, JIANG Zhen-xue¹, DONG Yue-xia², MA Qian², WANG Xu-dong², LIU Xiao²
(1. Center for Basin and Oil and Gas Accumulation, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;
2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, East Hebei Oil Field, PetroChina, Tangshan 063004, Hebei, China)

Abstract: The Neogene Guantao and Minghuazhen Formations have long been the key horizons in the exploration and development of the Laoyemiao Oil Field, Nanpu depression. The Neogene strata in this area mainly consist of the fluvial deposits. These well-sorted reservoir rocks are composed of arkose and lithic arkose, and contain mesopores and macropores. The diagenetic are relatively weak. The precipitation of carbonates is considered as an important factor in controlling the decrease of primary porosity. The porosity types consist dominantly of intergranular porosity. The intergranular solution openings and intragranular solution openings are rare in the Guantao Formation. The diagenesis of the reservoirs facilitates the hydrocarbon accumulation. The sedimentary microfacies of the reservoirs may exercise a major control on the hydrocarbon accumulation and distribution. Both the channels and abandoned channels have good reservoir-seal associations, and are thus interpreted as most favourable facies belts for the hydrocarbon accumulation. As for the sealing conditions, the channel bar sandstones are not favourable as the channel sandstones and thus have relatively poor oil potential.

Key words: Neogene; reservoir; hydrocarbon accumulation; Nanpu depression