

文章编号: 1001-6112(2007)04-0373-04

开鲁盆地陆西凹陷九佛堂组油气成藏特征及分布

王祁军¹, 答国军¹, 方炳钟¹, 孙超², 张喜林²

(1. 中国石油天然气股份有限公司 辽河油田分公司, 辽宁 盘锦 124010; 2. 中国石油大学, 北京 102249)

摘要:开鲁盆地陆西凹陷属中、新生代断陷盆地, 其中九佛堂组发育烃源岩, 有机质丰度高, 干酪根类型以 II—I 型为主, 九佛堂组下段烃源岩质量优于上段, 均已进入低成熟—成熟阶段。生、排烃主要发生在燕山期—晚白垩世早期, 五十家子庙洼陷是最重要的生烃洼陷, 小井子洼陷次之。阜新期为主要的油气聚集期。受断裂活动和分布控制的三角洲、近岸水下扇等多种类型的砂体原生孔隙发育, 埋深 1 600 m 以上的砂体具高—中孔隙度和低—超低渗透率储层物性。沙海组和阜新组的泥岩层是九佛堂组油气藏的区域盖层, 九佛堂组的泥岩层可作局部盖层。马家铺高垒带、包日温都断裂带和马北斜坡带与生油洼陷相间, 具有良好的生、储配置关系, 是油气运移和聚集的指向场所。油气通过断层与砂体共同构成的输导体系运移、聚集至有利的岩性—构造圈闭和岩性圈闭中成藏, 预测马家铺高垒带北部和包日温都断裂带中段为最有利的油气勘探区域。

关键词:油气成藏; 油气分布; 九佛堂组; 陆西凹陷; 开鲁盆地

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

ACCUMULATION CHARACTERISTICS AND PETROLEUM DISTRIBUTION IN JIUFOTANG FORMATION, THE LUXI SAG, THE KAILU BASIN

Wang Qijun¹, Zan Guojun¹, Fang Binzhong¹, Sun Chao², Zhang Xilin²

(1. Liaohe Oil Field Branch Company, PetroChina, Panjin, Liaoning 124010, China;

2. China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: The Luxi Sag in the Kailu Basin is a Meso—Cenozoic faulted basin with high quality source rock in which kerogen belongs to type I—II and the source rock has entered low maturity—maturity stages for oil generation. Source rock quality of the lower member of Jiufotang Formation is better than that of the upper member. Oil generation and discharge took place during Yanshanian epoch and Late Cretaceous. The main centers for oil generation locate in Wushijiazimiao as well as Xiaojingzi. Oil accumulation mainly occurred during Fuxin stage. Sandbody distribution of delta, nearshore subaqueous fan is controlled by fault activities. These sandbodies develop primary porosity and are characterized by high—medium porosity and low permeability when buried over 1 600 m deep. The mudstone of Shahai and Fuxin Formations works as regional cap. The mudstone of Jiufotang Formation is local cap. The Majiapu uplift, Baoriwendu fault belt and Mabei slope are close to source center, and are the areas for oil migration trend. The oil formation in lithologic—structural trap and lithologic trap is controlled by the organic combination of sandbodies and faults. The authors predict that the favorable regions for oil exploration locate in the northern Majiapu uplift and the middle Baoriwendu fault belt.

Key words: pool formation; oil occurrence; the Jiufotang Formation; the Luxi Sag; the Kailu Basin

陆西凹陷位于内蒙古赤峰和通辽市境内, 是开鲁盆地陆家堡拗陷的一个次级负向构造单元(图 1)。它是在海西褶皱基底上发育形成的中生代单断状凹陷, 构造走向为北东向, 面积 760 km², 由包日温都断裂构造带、马家铺高垒带、马北斜坡带、五十家子庙洼陷和小井子洼陷 5 个二级构造单元组成。自

下而上, 主要充填沉积了下白垩统义县组(K₁y)、九佛堂组(K₁jf)、沙海组(K₁sh)和阜新组(K₁f), 碎屑岩沉积厚度达 3 000 m, 其中九佛堂组是凹陷油气勘探的主要目的层。

自 1983 年进行油气勘探至今, 已钻探井 63 口, 全区覆盖二维地震勘探, 部分地区进行了三维地震

收稿日期: 2006-09-08; 修订日期: 2007-06-01。

作者简介: 王祁军(1961—), 女(汉族), 山西河津人, 工程师, 主要从事油气勘探研究工作。

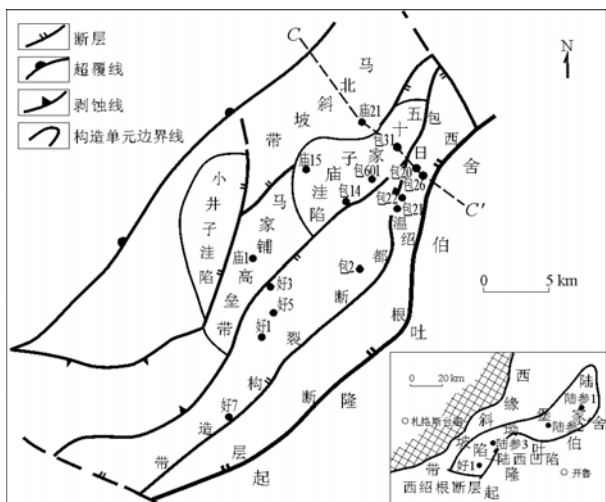


图 1 开鲁盆地陆西凹陷地理位置及九佛堂组构造分区
Fig. 1 Geographic location and structure subdivision map of Jiufotang Formation in the Luxi Sag, the Kailu Basin

勘探(220 km²),发现了包日温都、马家铺等油田。随着陆西凹陷油气勘探的深入,人们也开展了断裂构造系统、沉积储层、油气成藏条件和资源评价工作^[1~8],主要研究观点包括:陆家堡凹陷是在左旋、左裂的应力场背景下发育形成的;主要发育扇三角洲、浊积扇和湖泊 3 种沉积类型;九佛堂组生油层已经进入成熟—过成熟阶段;储层具高一中孔、低渗特点;构造型圈闭主要分布于陡岸带和缓坡带,非构造圈闭主要分布于各洼槽带等等。

陆西凹陷前期勘探以寻找构造油藏为主,在包日温都断裂构造带发现了一系列构造油藏,并取得了较好的勘探开发成果。后来发现了包 14 等多个岩性油气藏,展示了全新的勘探领域和潜力。显然,在同一地质时期,同一构造带油气成藏特征必然有一定的规律性。通过分析这些油藏的成藏要素、成藏特征、成藏机制及分布规律,可以指导该地区不同类型油藏的勘探^[9~11],这就是本文的研究目的。

1 油气藏基本特征

目前,已在开鲁盆地陆西凹陷五十家子庙生油洼陷周围发现了包日温都背斜、马家铺披覆背斜、包北半背斜、好北断鼻、包 14 岩性圈闭和包 22 断鼻等九佛堂组含油气构造(图 1)。通过对已发现的典型油气藏进行解剖分析,发现九佛堂组油气藏具有如下 8 个特点:1)油气藏集中在九佛堂组上段,如陆西披覆背斜、包北半背斜、好北断鼻、包 14 岩性圈闭和包 22 断鼻等油气藏均位于九佛堂组上段;2)油气藏埋深较浅,九佛堂组油气藏埋深最深不超过 1 500 m;3)油层组厚度差异较大,厚度 8.6~

38.5 m;4)油气藏储层以原生孔隙为主,具高一中孔、低—超低渗特点,平均孔隙度为 19.7%,主体渗透率为 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;5)油层多位于进积准层序组顶部或高位体系域泥岩之下;6)油气藏主要分布在大型断裂附近,其平面分布受断裂控制;7)油气藏油性分稀、稠 2 类,包日温都背斜和好北断鼻发育的油气藏原油密度、粘度较低,均属于稀油,而马家铺披覆背斜发育的油气藏原油密度、粘度大,属于稠油;8)油气藏以岩性—构造类为主,也发育岩性类油气藏,九佛堂组已发现的油气藏圈闭类型以背斜、半背斜、断鼻等岩性—构造类圈闭为主(图 2),也发育以包 14 岩性圈闭为代表的岩性或构造—岩性类油气藏。

2 油气成藏主控因素分析

2.1 烃源岩

陆西凹陷白垩系烃源岩镜质体反射率(R_o)、热解参数研究表明:烃源岩有机质演化程度分为未成熟、低成熟、成熟 3 个演化阶段。其中阜新组烃源岩有机质处于未成熟阶段;沙海组烃源岩处于未成熟—成熟阶段,局部区段处于成熟阶段;九佛堂组上、下段烃源岩均已进入成熟阶段,为优质的成熟烃源岩(图 3)。

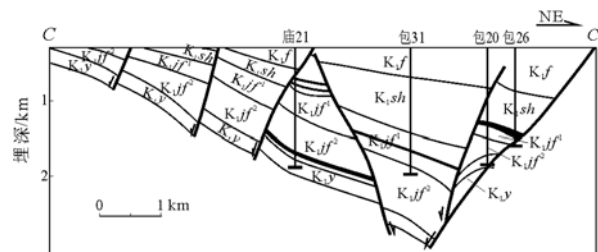


图 2 开鲁盆地陆西凹陷庙 21—包 26 井油藏剖面剖面位置见图 1。

Fig. 2 Pool section from Well Miao21 to Bao26 in the Luxi Sag, the Kailu Basin

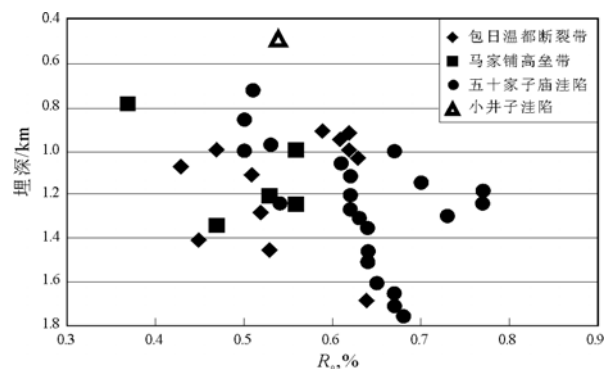


图 3 开鲁盆地陆西凹陷九佛堂组烃源岩镜质体反射率—深度剖面

Fig. 3 Plot of R_o of source rock and depth in Jiufotang Formation in the Luxi Sag, the Kailu Basin

2.2 九佛堂组储层

陆西凹陷九佛堂组的主要储集类型有三角洲砂体、辫状河三角洲砂体、扇三角洲砂体、近岸水下扇砂体、滑塌浊积扇砂体等多种类型,主要储层为长石质岩屑(杂)砂岩,岩屑类型多,粒度变化大。九佛堂组储层埋藏较浅,成岩演化处于早中成岩期;埋藏浅,压实作用较弱,原生粒间孔隙主要保存在1 400 m以上(大于10%);在2 100 m可能发育次生孔隙。储层具高一中孔、低—超低渗特点,平均孔隙度为20%左右,主体渗透率为 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

2.3 盖层和输导体系

陆西凹陷的区域盖层是沉积厚度大、横向分布稳定的沙海组—阜新组泥岩。

以断层为主的输导系统是陆西凹陷九佛堂组油气运移的重要输导类型。陆西凹陷的边界大断层——西绍根断层、各构造单元之间的边界断层和它们内部的许多次级断层、以及分布在断层周围的砂体,共同组成了纵向—侧向的复杂的输导网络系统。油气沿这些通道运移,进入有利储集砂体聚集成藏。

2.4 圈闭类型

陆西凹陷九佛堂组发育构造和非构造两大圈闭类型。其中,构造类圈闭有背斜、半背斜、断鼻和断块型;非构造类圈闭有岩性上倾尖灭、透镜状等类型。构造类圈闭主要分布于盆地陡岸带和缓坡带;非构造类圈闭主要分布于洼槽带。在五十家子庙洼陷已发现这两大圈闭类型形成的油藏。

3 油气成藏期次分析

盆地模拟结果表明,陆西凹陷生油岩热成熟过程具有以下演化规律:九佛堂组下段和上段生油层的主要成熟期在阜新末期,生烃强度较大。五十家子庙洼陷是本区主要的成熟地区,也是最重要的生油中心。燕山运动期,各生油层的生烃量持续增长,由于各生油层在早白垩世末期大部分已进入生油门限,总体上燕山运动及白垩纪以后是生烃量增长的主要阶段。

陆西凹陷九佛堂组发育构造和非构造两大类圈闭。这些圈闭多属同沉积圈闭,九佛堂组烃源岩大规模生、排烃期在阜新期以后,圈闭在该时期早已形成,可以有效聚集油气。但从构造活动角度出发,五十家子庙洼陷与包日温都断裂带阜新末期—晚白垩世期间盆地的区域性隆升导致地层被大量剥蚀,部分已形成的良好圈闭很可能遭到破坏,导致油气无法聚集或造成已聚集的油气逸散。

由生烃史及圈闭发育史可知,陆西凹陷九佛堂组油气藏存在2个成藏期。第一期距今约135 Ma,对应阜新末期,这不是油气成藏的主要时期,此时源岩虽然已经进入成熟阶段,但随后盆地区域性抬升,导致烃源岩来不及大规模排烃。第二期是陆西凹陷九佛堂组油气的主要运聚成藏时期,约在距今110~90 Ma的燕山期—晚白垩世早期,这与源岩最大排烃强度时期是一致的,此时正是盆地区域性抬升后再次沉降而使烃源岩二次生烃的时期,是九佛堂组油气成藏的关键时期。目前发现的九佛堂组大部分油气藏均为这一时期形成的(图4)。

陆西凹陷九佛堂组油气成藏的主要时期应为燕山期—晚白垩世早期,阜新末期虽然也有油气运移,但由于生烃量太少,不足以形成大量油气藏。

4 油气藏成藏模式和分布规律

4.1 油气成藏方式

陆西凹陷九佛堂组油气成藏方式可以概括出如下2个特点:断—坡控砂和源—坡控藏。断—坡(断层和坡折带)控制有利储集砂体的分布,烃源岩和断坡(源—坡)共同控制油气藏的发育部位。

3个断坡带控砂:小井子洼陷带—马北斜坡带、马家铺高垒带—五十家子庙洼陷带、包日温都断裂带控制其下降盘扇三角洲和近岸水下扇砂体

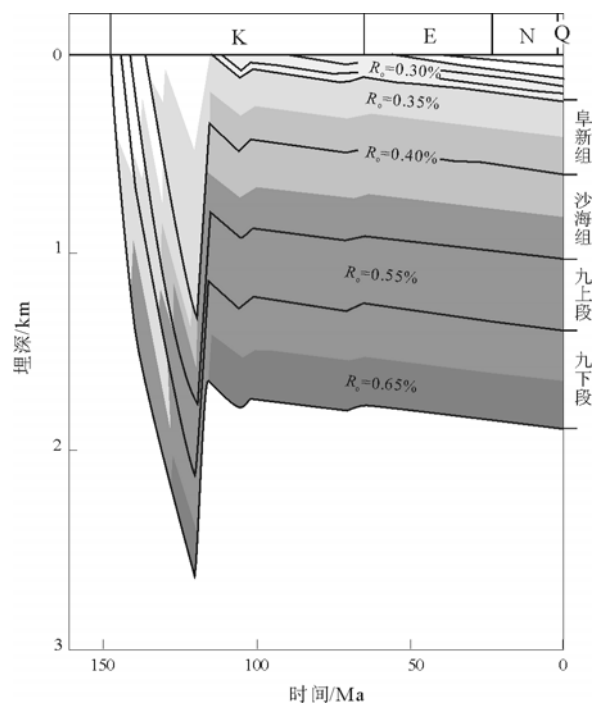


图4 开鲁盆地陆西凹陷
陆参3井埋藏史和烃源岩成熟史

Fig. 4 Burial history and maturity of source rock in Well Lucan3 in the Luxi Sag, the Kailu Basin

的分布。

3 个生烃区控油:小井子洼陷、五十家子庙洼陷和包日温都断裂带生油区控制油气生成和分布。

2 个排烃期控藏:九佛堂组下段在燕山期大量排烃,九佛堂组上段在晚白垩世早期大量排烃,控制了不同类型油气藏的形成。

根据陆西凹陷的构造格局,自北向南开展 3 条联井剖面的油气成藏分析。图 2 剖面横穿马北斜坡带北部、五十家子庙洼陷中部和包日温都断裂带北段。主力烃源岩是发育在五十家子庙洼陷九佛堂组的暗色泥岩,在阜新时期—晚白垩世期间进入成熟阶段,大量生、排烃,沿着包日温都北断层与包日温都断裂带控制发育的近岸水下扇砂体、以及西绍根大断层共同组成的输导体系,向包日温都断裂带九佛堂组上段的扇三角洲前缘砂体中运移,受到砂岩层段上方的厚层暗色泥岩遮挡而聚集成藏,形成了包 20 块岩性—构造类油气藏。

4.2 油气藏类型

构造高垒带和断裂带多发育岩性—构造类油气藏,洼陷内发育岩性类油气藏。马家铺高垒带和包日温都断裂带多发育岩性—构造油气藏,五十家子庙洼陷内包 14 块为岩性和构造—岩性油气藏(图 1)。

从构造演化角度分析,构造高垒带和断裂带构造活动较强烈,易于形成构造或岩性—构造圈闭,而洼陷内构造活动相对较弱,断层组合少,不易形成断块型圈闭,又因其构造部位低,从而背斜、半背斜或断鼻等圈闭也不太发育,以发育岩性或构造—岩性圈闭为主。

4.3 油气藏分布规律

已知油气藏平面分布呈北东—南西向条带状展布。西侧为马家铺高垒带—五十家子庙洼陷油气聚集带,东侧为包日温都断裂带油气聚集带(图 1)。

断层对陆西凹陷九佛堂组油气藏形成、分布具有明显控制作用。这 2 个油气聚集带的展布与凹陷及其内部各构造单元间的边界断层走向一致,断层下降盘的坡折带控制着凹陷内的沉积砂体展布,断层与砂体共同组成了复杂的油气运移通道,连通烃源岩与储集砂体,控制了油气藏的形成(图 1)。

从发现的油气藏数量和地质储量来看,九佛堂组上段油气藏数量多,地质储量丰富,九佛堂组下段油气藏数量、地质储量都少(图 2)。分析其原因主要是:1)陆西凹陷九佛堂组下段可作为烃源岩层和盖层的暗色泥、页岩发育程度低,且主要发育储集性能较差的近岸水下扇砂体,而储集性更好的三

角洲前缘和浊积扇砂体则分布局限,所以九佛堂组下段烃源岩虽然较早达到生油门限并开始排烃,但因其生成油气的数量有限,加之储集条件配置不好,形成的油气藏数量和聚集的油气储量都不太丰富。2)九佛堂组上段大面积发育暗色泥岩,在大多数地区已进入成熟期,可生成大量油气。同期,在马家铺高垒带及五十家子庙洼陷南部发育大型三角洲沉积,在包日温都断裂带和马北斜坡带发育扇三角洲沉积,可以作为有利储集层的砂体数量多、分布范围广,与烃源岩纵向上交互沉积,形成良好的生储盖组合,配合断层与砂体组合形成的输导系统有利于油气聚集成藏。

5 有利勘探区预测

综合开鲁盆地陆西凹陷的地层埋藏史、有机质热成熟生烃史、沉积储层以及油气成藏主控因素分析可以看出,九佛堂组油气分布受生油洼陷、断裂坡折带和沉积砂体分布以及输导体系有效性等成藏因素的控制。九佛堂组成藏模式研究表明,进一步油气勘探应加强在 3 个断坡带的工作,即小井子洼陷带—马北斜坡带、马家铺高垒带—五十家子庙洼陷带和包日温都断裂带(图 1)。

在小井子洼陷带—马北斜坡带勘探带中,小井子洼陷带东坡靠近断层处,发育三角洲前缘砂体,与暗色泥、页岩和断层—砂体输导体系配合,可形成岩性—构造类油气藏。马北斜坡带发育扇三角洲砂体,依靠来自五十家子庙洼陷的油气,可形成岩性—构造类油气藏。

在马家铺高垒带—五十家子庙洼陷带中,大面积发育暗色泥岩以及三角洲砂体沉积。马家铺高垒带庙 1 井东北部和好 3 井北部的三角洲前缘砂体,受多条断层夹持,可以形成岩性—构造类油气藏。五十家子庙洼陷包 601 井东北部和庙 15 井北方发育三角洲前缘滑塌浊积扇砂体,与断层配合,可形成岩性—构造类油气藏。

在包日温都断裂带中,好 5 井北部、好 1 井东块、好 7 井东部、包 2 井东块、包 21 南块和包 17 北块及东块发育三角洲、扇三角洲和浊积扇砂体,与构造位置配合,构成岩性—构造圈闭,可形成岩性—构造油气藏(图 1)。

参考文献:

- 1 郑福长,张先慎,刘建英等. 开鲁盆地陆家堡坳陷石油地质概况[J]. 石油与天然气地质,1989,10(1):83~88

(下转第 383 页)

的岩性圈闭,而且处在斜坡中部,构造位置有利,其上有约 40 m 厚的泥岩层与塔西河组底部砂岩隔开,下有 12 m 厚的泥岩层与沙湾 II 砂组砂砾岩段相隔,因此排 2 井油藏具有良好的圈闭和保存条件。依据试油资料,该油层原油有效渗透率为 $112.9 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 储层测井解释渗透率 $576 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 岩心渗透率约 $2.880 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。其原油有效渗透率要比莫西庄地区三工河组油层原油高出 10 倍左右,油层物性是确定产能高低的主控因素之一。储层物性好,属于高渗透储层,具有良好的成藏条件。排 6 井沙湾组油层与排 602 井油层均为沙湾组 II 砂组底部砂层(图 1), II 砂组在工区南部为扇三角洲沉积,到排 6 井区变为滨浅湖滩坝沉积,排 6、排 602 井良好显示层均为大段泥岩中的砂层,具有良好的储盖组合条件。但排 6 井沙湾组 II 砂组试油层仅厚 2 m,虽然物性好但原油比重大;而排 602 井的目的层砂岩致密,且为稠油显示,究其原因,两口井均处在第三系斜坡最高部位,第三系底埋深小于 500 m,位置更加靠近西北老山,水动力条件活跃,从而造成油层氧化严重,圈闭保存条件差。反映出保存条件的好坏是本区寻找稀油油藏的重要条件。

综合分析准噶尔盆地西缘车排子地区岩性油气藏成藏条件,并结合成功与失利钻井结果认为:车排子地区以岩性圈闭为主,具有良好的油气源条件;断层与不整合组成了良好的阶梯型复式输导系统;有利储集相带及储层物性控制了油气聚集,圈闭条件和保存条件决定了油气最终是否成藏。控制其成藏

的主控因素为储集层条件、圈闭条件及保存条件。

7 结论与认识

车排子地区以岩性圈闭为主,具有良好的油气源条件,断层与不整合组成了良好的阶梯型复式输导系统,有利储集相带及储层物性控制了油气聚集,圈闭条件和保存条件决定了油气的最终是否成藏。

在进一步集中成藏条件的基础上,认为车排子地区岩性圈闭具有三元主控的特征;储层物性和圈闭及其保存条件是本区岩性油气藏成藏的主要控制因素。

参考文献:

- 1 朱筱敏,康安,王贵文. 陆相拗陷型和断陷型湖盆层序地层样式探讨[J]. 沉积学报,2003,21(2):283~287
- 2 张厚福,方朝亮,高先志等. 北京:石油地质学[M]. 北京:石油工业出版社,1999. 161~163
- 3 王照录,王华,杨红. 含油气盆地的输导体系研究[J]. 石油与天然气地质,2000,21(2):133~135
- 4 尚尔杰,金之钧,丁文龙等. 断裂控油的物理模拟实验研究:以准噶尔盆地西北缘红车断裂为例[J]. 石油实验地质,2005,27(4):414~418
- 5 刘震,张善文,赵阳. 东营凹陷南斜坡输导体系发育特征[J]. 石油勘探与开发,2003,30(3):84~86
- 6 陈宝宁,白全明,周香翠. 陆相断陷盆地断裂系统与异常压力分布特征初探:以济阳拗陷东营凹陷为例[J]. 石油实验地质,2005,27(6):601~605
- 7 胡见义,徐树宝,刘淑萱等. 非构造油气藏[M]. 北京:石油工业出版社,1986. 220~221
- 7 陈振岩,陈永成,仇劲涛. 辽河盆地新生代断裂与油气关系[J]. 石油实验地质,2002,23(5):407~412
- 8 朱筱敏,王贵文,马力弛等. 内蒙古东部陆西凹陷中北部上侏罗统层序地层格架及体系域特征分析[J]. 古地理学报,2002,4(3):33~39
- 9 李丕龙,张善文. 断陷盆地隐蔽油气藏形成机制:以渤海湾盆地济阳拗陷为例[J]. 石油实验地质,2004,26(1):3~4
- 10 杨飞,张宏艳,陈俊生. 岩性油气藏勘探方法[J]. 石油实验地质,2007,29(1):95~98
- 11 赵澄林,朱筱敏. 沉积岩石学[M]. 第3版. 北京:石油工业出版社,2001. 1~407

(上接第 376 页)

- 2 沈凤,张金亮. 陆西凹陷九佛堂组储层成岩作用[J]. 石油学报,1995,16(2):23~30
- 3 查明,张卫海,朱筱敏等. 内蒙陆西凹陷层速度分析及岩性预测[J]. 石油实验地质,1995,17(1):81~88
- 4 朱筱敏,查明. 陆西凹陷上侏罗统近岸水下扇沉积特征研究[J]. 石油大学学报,1995,19(1):1~6
- 5 张一伟,张卫海,查明等. 勘探早期盆地分析与油气评价[M]. 北京:地质出版社,1998. 1~117
- 6 朱筱敏,王贵文,李滨阳等. 开鲁盆地陆西凹陷下白垩统层序地层学和油气评价[J]. 沉积学报,2002,20(4):531~536,567