内蒙古东部陆西凹陷油气成藏条件与分布规律

张 辉[1,2]

(1. 南京大学 地球科学系成矿作用国家重点实验室,江苏 南京 210093; 2. 中国石油辽河油田分公司 勘探开发研究院,辽宁 盘锦 124010)

摘 要:为了对内蒙古东部陆西凹陷进行油气勘探,分析了该区油藏形成的地质条件和不同类型的油藏特点,总结出其分布规律:陆西凹陷在断陷演化期发育了 3 套烃源岩地层,九佛堂组有机质质量分数高,为主力生油层系;扇三角洲前缘亚相各种成因类型砂是最主要的储集砂体,其中前缘亚相的中部带和边缘带是最有利的储集相带;凹陷内发育背斜、断鼻、砂岩上倾尖灭等油藏. 通过对已知油藏的分析认为:成熟烃源岩的分布范围、生储配置关系、有利沉积相带和构造样式控制不同类型油藏的形成和分布;凹陷的陡坡带以构造油藏为主,斜坡带以构造 - 岩性及储层上倾尖灭油藏为主,深陷带主要为透镜状岩性油藏;九佛堂组上段储层发育、储集物性相对较好,夹持和嵌入主要生油岩层中,油气最为富集. 根据目前的勘探现状及油藏形成条件和分布规律,指出应围绕生油岩发育、面积较大的洼陷进行勘探.

关 键 词:陆西凹陷; 生油岩; 扇三角洲; 油藏类型; 岩性圈闭

中图分类号:TE122.1 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-1891(2006)02-0001-04

陆西凹陷位于内蒙古自治区东部赤峰市境内,为开鲁盆地的一个次级负向构造单元,基底为石炭—二叠系浅变质岩,盖层自下而上依次为:下白垩统义县组、九佛堂组、沙海组、阜新组以及上白垩统姚家组、嫩江组、四方台组和明水组,下白垩统为油气勘探的目的层. 陆西凹陷演化经历了早白垩世断陷期和晚白垩世拗陷期两大阶段,断陷期凹陷为单断不对称箕状结构. 陆西凹陷是开鲁盆地诸多凹陷中勘探程度最高的,已发现多种类型的油藏. 笔者通过分析陆西凹陷油藏形成的地质条件和不同类型的油藏特点,总结其分布规律,为开鲁盆地的油气勘探提供依据.

1 油藏形成的地质条件

1.1 生油条件

陆西凹陷在其断陷期发育九佛堂组、沙海组、阜新组 3 套生油岩系. 按我国陆相生油岩评价标准[1],陆西凹陷九佛堂组生油岩属于好生油岩(见表 1),其生油母质为腐殖—腐泥型,有较高的生油能力,是凹陷的主力生油层系;其次为沙海组,生油母质为腐泥—腐殖型,生油岩各项平均地化指标达到较好生油岩范畴,有一定的生油气能力;阜新组生油母质为腐殖型,有机质丰度低、属差生油岩.

表 1 陆西凹陷生油岩有机质丰度

地层	w(有机碳) %		w(氯仿沥青"A") %		岩石总烃/ 10^{-6}		生油潜量/ (kg·t^{-1})	
	范围	平均	范围	平均	范围	平均	范围	平均
阜新组	2.02～2.98	2.47(13)	0.009～0.028	0.018(6)	28～119	74(6)	1.01～5.95	3.30(13)
沙海组	1.34～4.37	2.77(13)	0.019～0.400	0.104(8)	80～2 287	597(8)	2.62～21.49	8.76(13)
九佛堂组	0.72～3.88	2.50(32)	0.156～0.970	0.455(14)	664～6 295	3 019(14)	4.52～19.10	10.19(33)

注:()内数字为样品个数

1.2 储层特征

陆西凹陷沿湖盆边缘发育扇三角洲沉积体系,储集层为扇三角洲成因砂体和滑塌浊积砂,其中扇三角

收稿日期:2005-10-22;**审稿人**:傅 广;**编辑**:陆雅玲

基金项目:国家重点攻关项目(2001BA605A)

作者简介:张 辉(1971-),男,硕士生,工程师,主要从事物探综合解释和油气勘探方面的研究.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

洲前缘亚相砂是最主要的储集砂体. 岩石成分主要由中酸性火山岩和变质岩碎屑组成,具有成分成熟度和结构成熟度低、黏土及碳酸盐矿物分布广、压实作用强度弱等特征. 孔隙类型以次生孔隙为主,占总孔隙的65 %以上,原生孔隙次之,裂缝和微孔隙也占有一定比例. 储集物性较差,为中—低孔、低—特低渗储层,非均质性较强. 九佛堂组砂岩孔隙度一般为10 %～25 %,渗透率为(1～28) ×10^{-3} μm^2,储集物性相对较好;沙海组储层孔隙度较高,但渗透率偏低,一般小于1 ×10^{-3} μm^2,储集物性差.

1.3　盖层条件

盖层是油气藏形成不可缺少的因素之一,包括区域盖层和局部盖层,前者决定着含油气系统的有效边界,后者则是控制油气局部富集和分布的重要因素. 陆西凹陷沙海组湖相泥岩发育,单层厚度为20～230 m,横向分布稳定,可作为区域性盖层. 作为主要勘探目的层的九佛堂组为砂泥岩互层组合,与砂岩直接接触的泥岩可作为油气藏的局部盖层和侧向遮挡层. 此外,由于九佛堂下段的凝灰质砂岩较致密,在局部地区对油气也可起到封挡作用.

1.4　圈闭及保存条件

陆西凹陷在早白垩世断陷湖盆发育期,断层活动强烈. 由于同生断层的牵引作用以及次级断层的围限和切割、差异压实等因素的影响,凹陷内构造型圈闭发育,主要有断裂背斜、断鼻和断块3种类型,其中断裂背斜和断鼻构造圈闭比例大. 同时由于凹陷北西短轴方向宽度小,一般约为16 km,在洪水期,粗碎屑物质可直接越过断阶带而到达洼陷部位,在洼陷中形成泥岩和砂岩互层叠置的沉积格架,可为岩性和地层圈闭的形成创造良好的条件. 晚白垩世早期,开鲁盆地和松辽盆地连为一体,进入拗陷演化阶段,白垩世末期整体抬升,湖盆消亡. 在其后的漫长地质岁月中,开鲁地区未经历大的区域构造运动,早期形成的圈闭和油藏没有遭到后期破坏,保存条件较好.

2　油藏类型及典型油藏剖析

2.1　油藏类型划分

根据圈闭形态和遮挡条件,将陆西凹陷已知油藏分为三大类5个亚类. 构造型油藏按圈闭形态可划分为背斜和断鼻2个亚类,如包日温都断裂背斜油藏和包20块;岩性油藏按遮挡条件可分为砂岩上倾尖灭型油藏和透镜状油藏2个亚类,如包14块和好1块;第3类油藏为复合油藏,油藏分布受构造和岩性双重因素控制,代表油藏为庙3块. 在各种油藏类型中,仅受单一因素控制的油藏是不存在的,因而在对油藏分类时,只以影响油藏形成的主要因素作为分类依据.

2.2　油藏实例分析

陆西凹陷发现的各种类型油藏中,构造型油藏和砂岩上倾尖灭型岩性油藏单井产油量高,而其它类型油藏一般由于规模小或产量低,目前不具备开发价值. 以包日温都构造油藏和包14块岩性油藏为例,阐述这2类油藏的特点.

2.2.1　包日温都油藏

包日温都断裂背斜位于陆西凹陷包日温都断裂构造带的中部,是凹陷边缘控盆断裂和与之平行的一系列同生断层共同控制形成的同沉积背斜. 九佛堂期随着同生断层长期持续活动,由于沉降速率和幅度的差异、沉积物沿断层产生重力滑动和差异压实等因素影响,致使塑性地层产生褶曲,形成背斜构造. 沙海—阜新末期,随着同生断层的活动趋于平稳,并最终停止活动,构造基本定型,形成构造长轴方向与主干断裂平行,两翼不对称的背斜构造. 由于凹陷在阜新期开始进入生油期,油气大规模运移发生在阜新末期—晚白垩世初期[2],晚于构造的形成期,因此该背斜为有效圈闭. 包日温都断裂背斜紧邻五十家子庙生油洼陷,洼陷面积为87 km^2,有效生油岩厚度为300～700 m. 同时背斜位于包日温都扇三角洲前缘亚相的主体部位,该扇三角洲从九佛堂早期至沙海早期持续发育,沉积厚度超过1 000 m. 由于油藏区内储层属于一个沉积扇体的同一亚相带,储层厚度及储层物性横向变化较小,油藏以块状为主,油层的平面分布受背斜圈闭形态的控制,油层厚度受构造闭合幅度控制,具有统一的油水界面,这也是构造型油藏的主要

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

特点.

2.2.2　包 14 块岩性油藏

包 14 块岩性油藏位于陆西凹陷五十家子庙洼陷西侧,东南侧为包日温都断裂背斜油藏. 该区地层倾向北东方向,无构造圈闭存在. 包 14 块岩性油藏位于包日温都扇三角洲前缘亚相的前端部位,九佛堂组为粉、细砂岩与泥岩互层的岩性组合,单层砂体厚度小,砂体之间连通性较差,相邻生产井间常出现低部位砂层油气显示级别高,而相对高部位显示差的现象,说明该地区砂岩相变快. 但就每一个具有成藏条件的单砂体而言,高部位砂层油气显示较好,具有统一的油水界面,而不同砂体间油水界面有差异. 砂岩平面分布上相变快,纵向上多个砂体呈指状交叉叠置的空间分布特征,导致包 14 块岩性油藏含油层系多,同一油组内部含油砂层呈不统一的油藏分布特点.

3　油藏分布规律

3.1　生油洼陷成熟烃源岩控制油藏

进入邻近烃源层的疏导层中的油气,主要通过较高孔渗的疏导层和其它疏导体系,在各种动力的作用下由高势区向低势区运移,砂岩储层的通透性能(由砂岩的孔隙度和渗透率来反映)对油气的二次运移有重要的控制作用[3,4]. 由于陆西凹陷沉积体系的近物源、多物源的特点,各砂体独立存在,横向上缺乏砂岩连通体. 对油层、水层、干层的孔隙度、渗透率统计分析表明(见表 2),孔隙度对储层中是否含有流体没有明显的控制作用,主要控制因素是储层的渗透率. 由于凹陷储层都属中—低孔隙、低—特低渗透性储层,孔喉半径小,为微细喉不均匀型,孔隙间连通性差. 储层分布特征和物性特点决定了油气二次运移以短距离运移为主. 生油岩中油气生成后,主要向邻近的储集岩中运移,并聚集到较近的圈闭中形成油藏(见图 1). 同时由于凹陷断裂发育以同生断裂为主,晚期断裂不发育,在凹陷大量排烃期断裂活动停止,大部分断裂对油气运移起封堵作用. 远离烃源区的地区即使圈闭和储集条件好,由于缺乏运移通道,也没有油气聚集成藏.

表 2　陆西凹陷油层、水层、干层物性分布

流体层	孔隙度/ %		渗透率/ $10^{-3}\mu m^2$			
	15～25	25～30	< 1	1～10	10～100	100～500
油层	67	33		33	50	17
水层	64	36	33.3	33.3	33.3	
干层	100			67	33	

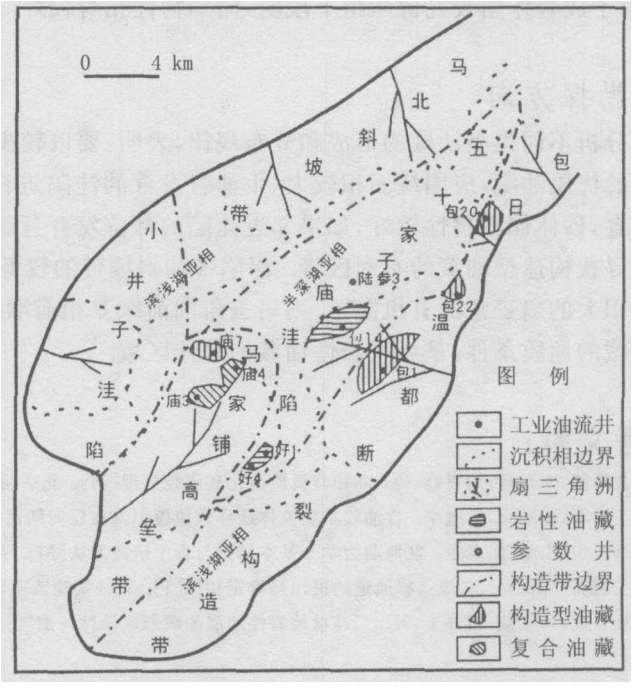


图 1　陆西凹陷沉积相、构造带、油藏分布

3.2　有利沉积相带控制油藏

油藏在平面上分布受控于沉积体系的空间展布,同时有利的沉积储集相带控制油气的富集[5]. 虽然陆西凹陷储层物性普遍较差,但不同沉积相带的砂体储层物性差别较大. 前扇三角洲亚相带岩性多为粉砂岩和泥岩薄互层,粉砂岩中泥质含量高,物性差. 扇三角洲平原亚相和扇三角洲前缘亚相的近岸端,岩性多为砾岩、砂砾岩,填隙物含量高,孔隙以微孔为主,渗透率低. 这些相带不利于油气储集. 扇三角洲前缘亚相的中部带和边缘带,岩性以含砾砂岩和砂岩为主,碎屑颗粒分选相对较好,胶结物含量低,平均孔隙度为 18.38 %,平均渗透率大于 10 ×

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

10^{-3} μm^2,孔隙结构为微细喉不均匀型,最大连通孔喉半径大于2 μm,为中孔、低渗型储层,储集物性较好,若适当圈闭配置,则是油气聚集的最有利场所.

3.3　不同构造带控制不同油藏类型

陆西凹陷按构造形态平面上可分为3个带,即陡坡带、深陷带和斜坡带,每个构造带由于地质结构不同,发育油藏类型也存在差异. 陡坡带是由多个近平行的同生断层控制形成的多个狭长断阶组成,局部发育与控盆断裂对偶反向正断层. 由于该区带构造活动强,断层发育,在这些同生断层的下降盘一般发育有牵引背斜、断鼻和断块等构造圈闭,决定了该带的油藏类型主要为构造型油藏.

陆西凹陷的基底比较简单,深陷带与斜坡带无明显的界线. 斜坡带是凹陷中基底埋藏较浅,沉积盖层较薄的部位,其上发育与斜坡带走向一致的正断层,大多数断层倾向与斜坡带倾向相同,也发育少量反向正断层;深陷带是斜坡带的底部,地层产状平缓,基底埋藏相对较深,断裂和构造不发育,盖层缺乏明显的褶皱. 在这种地质条件控制下,深陷带主要发育以滑塌浊积扇为储集体的透镜状油藏和砂岩上倾尖灭油藏. 斜坡带发育2种类型油藏,一种是反向正断层遮挡的断块型油藏或断层-岩性油藏,另一种是砂岩上倾尖灭油藏.

3.4　含油丰度最高的层段

陆西凹陷已发现的油藏,含油层段主要集中在九佛堂组上段,其次是九佛堂组下段和沙海组,决定油藏纵向分布规律的地质因素:一方面,九佛堂组上段生储配置关系好于其它层段. 九佛堂组上段储集岩夹持或嵌入在九佛堂中期和沙海组早期2套暗色泥岩中,可以摄取上下层生油岩排出的油气,从生储组合关系上好于沙海组和九佛堂组下段的储集岩. 另一方面,不同层段储集层的发育程度和储集物性决定了油藏纵向上的分布特点. 九佛堂组下段砂体最发育,但埋藏较深,成岩作用较强,而且富含凝灰质,胶结致密,渗透率大都小于1 ×10^{-3} μm^2;沙海组仅在凹陷边缘的局部地区发育有小型扇三角洲,砂岩孔隙度虽然较高,但渗透率低. 这2套地层不利于油的运移和聚集. 九佛堂组上段储层发育程度仅次于九佛堂组下段,由于成岩作用较九佛堂组下段弱,储集物性相对较好,是最有利于形成油藏的层段.

4　勘探方向

分析不同类型油藏的形成和分布规律,表明:要以较少的勘探工作量取得较高的经济效益,寻找较高丰度的优质油藏,应围绕面积较大、生油岩发育的洼陷进行勘探. 在凹陷的陡坡带,扇三角洲砂体一般比较发育,砂体储集物性较好,如果邻近洼陷的部位发育背斜、断块等构造圈闭,则可形成油藏,因而这些地区是寻找构造型油藏的有利区带. 深陷带和斜坡带的较低部位具有优越的油源条件,如能与延伸较远、分布面积大的扇三角洲有机配置,则扇三角洲前缘亚相前端的弧形带内,具备形成砂岩上倾尖灭油藏和透镜状油藏的地质条件,是寻找岩性油藏的最佳区域.

参考文献:

[1]　黄第藩,李晋超,周翥虹,等. 陆相有机质演化和成烃机理[M]. 北京:石油工业出版社,1984.

[2]　王明君,杨瑞召,潘继平. 含油气系统流体迁移数值模拟及在辽河陆西凹陷的应用[J]. 地球物理学进展,2002,17(3):370-375.

[3]　李思田,王华,路凤香. 盆地动力学—基本思路与若干研究方法[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1999.

[4]　王震亮,陈荷立. 有效运移通道的提出与确定初探[J]. 石油实验地质,1999,21(1):71-75.

[5]　杜金虎,易士威,雷怀玉,等. 二连盆地岩性地层油藏形成条件与油气分布规律[J]. 中国石油勘探,2004,9(3):1-5.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Abstracts

Formation conditions and distribution laws of oil reservoirs in Luxi depression of eastern Inner Mongolia/ 2006,30(2):1 - 4

ZHANG Hui[1,2]

(1. *State Key Laboratory of Ore Deposit Research, Department of Geosciences, Nanjing University, Nanjing*, 210093, *China*; 2. *Institute of Exploration and Development, Liaohe Oil Field Company, PetroChina, Panjin* 124010, *China*)

Abstract: The geological conditions and reservoir characteristics of Luxi depression are analyzed and reservoir distribution is summarized. Three source rock formations had developed in fault evolution period in Luxi depression. The organic content in Jiufotang formation is high, and it is the main oil source bed. Different original sand bodies in the fan delta front subfacies are the main reservoir. Among them, the middle and the boundary part of the front subfacies are the best reservoir area. In the depression, there are many types of reservoir trap, such as anticline, faulted anticlines, lithological traps of up dip pinch out of sandstone reservoirs and so on. Analyses of oil reservoirs in the area indicate that the following factors, the distribution area of mature source rock, the source-reservoir relation, the advantaged sedimentary facies and the second-order structures determine the formation and distribution of petroleum. And spatially, the structural traps are distributed in the escarpment. and litho-structural traps in the slope region. And the litho-traps, such as lentoid sandstones in the central deep sags. The reservoir exists in upper of Jiufotang formation with better physical property. It is restained or imbedded in the source rock, which is rich in oil. According to the current status of petroleum exploration, and integrating the formation and distribution of petroleum in the region, the exploration targets should be focused on the areas surrounding the sources kitchens.

Key words: Luxi depression; source rock; fan delta; reservoir type; lithological trap

Application of EASY %R_o model to the research of thermal evolution in Binbei/ 2006,30(2):5 - 8

SU Yu-ping[1], FU Xiao-fei[1], LU Shuang-fang[1], WU Da-cheng[2]

(1. *Geoscience College, Daqing Petroleum Institute, Daqing, Heilongjiang* 163318, *China*; 2. *Well Logging Center, Exploration and Development Research Institute of Tarim Oilfield Company, Kuerle, Xinjiang* 841000, *China*)

Abstract: EASY%R_o model is suitable for simulating basins with mid-high thermal evolution. EASY%R_o model is used to restore paleo-geothermal field of Binbei area in Songliao Basin in order to study the thermal evolution in this area. The simulated results are as follows: the paleo-geothermal gradient was higher than the current, it was about 4.3 - 5.8 ℃ (100m) before the end of Cretraceous, while it decreased to about 3.2 - 3.6 ℃ (100m) since Tertiary. The paleo-temperature reached the peak by the end of Cretraceous, as a result the thermal evolution of organic matters in the research area get to the peak by the end of Cretraceous, but it was "frozen" by continuous uplift and erosion and the decrease of the Terrestrial heat flow since Tertiary, which brought an end to the hydrocarbon generation.

Key words: EASY%R_o; Binbei area; paleo-geothermal gradient; thermal evolution; heat current value

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net