

阜新盆地石油地质特征

刘建英 王世云 尹继宏

(辽河石油勘探局勘探开发研究院, 辽宁盘锦 124010)

阜新盆地是晚侏罗-早白垩世的地堑型断陷盆地, 面积约 2000 km²。主要受北北东向和北西向两组同生断裂控制, 其沉积最大厚度约 6000 m。九佛堂组和沙海组三、四段为主要生油层, 其中所夹扇三角洲砂体及水下重力流砂体为有利储集层, 具有一定的含油远景。

关键词 阜新盆地 陆相沉积 侏罗系 九佛堂组 沙海组 含油远景评价

第一作者简介 刘建英 男 47岁 工程师 石油地质

阜新盆地位于辽宁省西部。盆地东侧为医巫闾山脉, 西侧为松岭山脉, 是呈北北东向展布的狭长地堑型断陷盆地。南北长 120 km, 东西宽 10—20 km, 面积约 2000 km²。基底为元古代和太古代石英砂岩、板岩、燧石条带白云岩及花岗片麻岩。

阜新盆地是我国重要的煤炭基地, 油气显示十分丰富。解放后完成以找煤为目的的探井 3000 余口, 其中有 400 口不同程度地见到油气显示, 钻达层位绝大部分为沙海组三段(未穿)以上, 又因地球物理勘探资料很少, 因此对深层生储盖组合面貌及构造情况尚不清楚。本文利用 500 余口浅井资料对盆地构造及生储油条件做了初步分析, 认为深层油气勘探大有希望。故在东梁背斜构造顶部部署了一口参数井——阜参 1 井。

一、石油地质条件分析

(一) 地层

阜新盆地是在前寒武纪基底上形成与发展起来的晚侏罗-早白垩世断陷盆地。晚侏罗世堆积了巨厚的火山岩建造与含煤建造; 早白垩世沉积了一套以红色、杂色地层为主的类磨拉石建造(表 1)。

(二) 构造特征

阜新盆地基底形态具西高东低、南高北低的特点, 总体呈箕状向北东方向倾斜。据以往少量物探资料, 反映盆地最深注陷在伊吗图地区, 基底埋深可达 6000 m。从 500 余口浅井资料编制的构造图看, 浅部构造分带明显, 圈闭条件较好。由北至南依次发育有新邱断鼻构造、东梁背斜构造带、伊吗图断鼻构造、艾友背斜构造及清河门断鼻构造等 6 个局部构造(图 1), 总圈闭面积 96.5 km²(按沙四段底构造图), 圈闭幅度 100—300 m。由于受后期构造运动影响, 有的背斜或断鼻构造已遭破坏。

盆地断裂较发育, 主要有北北东向和北西向两组同生断裂。其中北北东向断裂为东西两侧盆缘断裂带, 断裂带由若干断面向盆内倾斜的断层组成, 具阶梯状正断层性质。在盆地充填过程中, 盆缘普遍发育扇三角洲砂体, 向盆地中央过渡为湖泊沉积。盆缘断裂既控制盆地形态和构造格局, 又控制上侏罗统厚度与分布范围。北西向断裂为继承古断裂形成的同沉积断层, 往往是富煤带的边界断层, 并控制了盆地局部构造的形成与展布方向, 形成多种圈闭, 从而为油气的运移与聚集提供了良好的先决条件, 和这些同生断裂相伴生的还

有一些近东西向和北北西向的小断层, 一般延伸不远, 落差较小, 为盆地内次要断层。

表1 阜新盆地地层简表

界	地 层				地层 代号	厚度 (m)	岩 性 简 述
	系	统	组	段			
中生界	白垩系	下统	孙家湾组		k _{1s}	0 650	主要为一套红色、灰绿色或杂色类磨拉石建造
	侏罗系	上统	阜新组		J _{3f}	650 1200	含煤系。主要由灰、灰白色砂岩及粉砂岩、泥岩及煤层组成, 本组下部见油气显示。动植物化石丰富
			沙海组	四段	J _{3sh} ⁴	500 1300	以深灰、灰黑色泥岩为主夹砂岩、砂砾岩, 见油气显示。富含动植物化石, 介形虫成层发育
				三段	J _{3sh} ³		含煤系。以灰色、浅灰色砂岩及煤层为主, 普遍见油气显示。富含动物化石, 主要有 <i>Cypridea (pseudocypridina) progneta</i> , <i>Diestheria yungliutaensis</i> 等
				二段	J _{3sh} ²		以黄色、黄绿色砾岩、砂砾岩为主夹砂岩, 在砾岩中见较多的硅化木化石
				一段	J _{3sh} ¹		以红色砂砾岩为主, 可能为九佛堂组顶部层的相变产物
			九佛堂组		J _{3jf}	350 774	主要为一套浅湖相泥岩、页岩夹凝灰质砂岩, 底部为浅灰色砂砾岩, 局部有时夹薄煤层或煤线。主要化石有 <i>Eosestheria</i> , <i>Lycopera</i> , <i>Ephemeropsis trisetalis</i> 等
			义县组		J _{3y}	800 3000	主要为一套火山喷发岩夹沉积层, 火山岩裂隙中见油气显示, 沉积夹层中化石较丰富
中元古界	蓟县系		雾迷山组		J _{xw}		主要为石英砂岩、板岩及燧石条带白云岩

(三) 有机质特征

阜新盆地上侏罗统九佛堂组、沙海组和阜新组经历了浅湖—半深湖—浅湖相沉积演化过程, 形成了厚达数百米的暗色泥质岩。其中九佛堂组和沙海组三、四段生油条件较好, 是盆地主要油源岩。

1. 有机质丰度

九佛堂组和沙海组三、四段有机质丰度均较高, 属好—较好生油岩 (表2)。

2. 有机质类型

由氢指数关系图看 (图2), 沙海组三、四段属腐殖腐泥型, 而阜新组属腐殖型。干酪根氢碳原子比平均值接近1.0, 反映了有机质性质与演化程度好。干酪根镜下观察同样反映了沙海组三、四段属Ⅱ型, 而阜新组属Ⅲ型。

3. 有机质演化及阶段划分

当生油岩处于1350 m (恢复深度) 以上时, 各项指标均较低, 演化趋势不明显 (表3); 而处于1350 m 以下时, 各项指标均发生明显变化, 沥青“A”, 总烃、烃转化率及饱和烃等随埋深增大明显增值 (图3)。正构烷烃碳数分布曲线高碳部分奇偶优势逐渐消失, 主峰碳前移, 说明有机质已进入成熟阶段。

由于盆地受后期构造运动的影响, 地层遭受严重剥蚀, 故对盆地地层进行了厚度恢复计算, 结果盆地成油门限温度为63.5℃, 地温梯度为3.93℃/100 m, 成油门限深度为1350 m。据此判断九佛堂组和沙海组三、四段已达成熟阶段, 阜新组属未成熟阶段。

(四) 沉积演化与成油组合

1. 沉积演化特征

表2 阜新盆地有机质丰度统计表

层 位		井号	有机碳 (%)		沥青 "A" (%)		岩石总烃 (ppm)		总烃/有机碳 (%)	
			范围值	平均值 块 数	范围值	平均值 块 数	范围值	平均值 块 数	范围值	平均值 块 数
阜 新 组		563	0.59—1.43	$\frac{1.01}{3}$	0.003—0.013	$\frac{0.008}{3}$	6.6—50.0	$\frac{25}{3}$	0.11—0.49	$\frac{0.24}{3}$
		538	1.01—5.97	$\frac{2.97}{9}$						
		1017	1.21	$\frac{1.21}{1}$	0.004	$\frac{0.004}{1}$	11.0	$\frac{11}{1}$	0.09	$\frac{0.09}{1}$
		85-9	0.28—3.41	$\frac{1.35}{15}$	0.006—0.050	$\frac{0.030}{12}$	27.4—218.2	$\frac{96}{12}$	0.27—1.11	$\frac{0.66}{12}$
沙 海 组	四段	563	0.74—3.35	$\frac{2.55}{10}$	0.025—0.172	$\frac{0.089}{10}$	59.0—571.0	$\frac{295}{10}$	0.35—1.87	$\frac{1.09}{10}$
	三段		0.30—4.23	$\frac{2.26}{6}$	0.004—0.203	$\frac{0.085}{6}$	6.9—598.0	$\frac{236}{6}$	0.23—2.04	$\frac{1.06}{6}$
	四段	538	1.25—4.26	$\frac{2.84}{10}$	0.032—0.078	$\frac{0.048}{3}$	84.0—197.7	$\frac{124}{3}$	0.22—0.63	$\frac{0.45}{3}$
	三段		0.98—5.00	$\frac{2.50}{18}$	0.014—0.371	$\frac{0.141}{7}$	52.0—1462.5	$\frac{512}{7}$	0.39—6.72	$\frac{2.09}{7}$
	四段	1017	2.21—4.23	$\frac{3.05}{7}$	0.026—0.151	$\frac{0.067}{7}$	71.3—677.7	$\frac{257}{7}$	0.34—1.60	$\frac{0.76}{7}$
	四段	85-9	1.32—3.15	$\frac{2.06}{6}$	0.023—0.156	$\frac{0.059}{6}$	50.7—338.2	$\frac{234}{6}$	0.25—2.29	$\frac{0.97}{6}$
九佛堂组		89-1	2.60		0.105		226.0—681.0		0.86—2.61	

阜新盆地沉积环境的交替变化明显受盆缘断裂控制。晚侏罗世初期,由于岩浆上涌,堆积了厚约3000 m的义县组火山岩夹沉积层;之后地壳塌陷形成了晚侏罗世断陷湖泊。九佛堂期,湖盆范围较窄,盆缘断裂活动不明显,水动力较弱,在浅湖相条件下沉积了厚达数百米的暗色泥岩、页岩夹砂岩和砂砾岩,为有利的生储油岩系。沙海早期,盆缘断裂活动加剧,东西两侧老山上升剥蚀,在盆地两侧各形成一条延绵数十公里长的冲积扇带;沙海中期,盆缘断裂继续活动,沉积环境呈现分带性,由盆缘至中心依次为冲积扇—扇三角洲—浅湖相(图4),对生储油很有利;沙海晚期,盆缘断裂活动进一步加剧,水体变深,在半深湖相条件下接受了一套以深灰色泥岩为主夹水下重力流砂岩体的沉积(图5),成为较有利生储油层系。阜新期,盆缘断裂活动减弱,湖水变浅,植物繁茂,煤系发育(图6),之后,全区上升,湖水退出,地层遭受严重剥蚀。

早白垩世孙家湾期,湖盆处于充填淤积过程,堆积了一套厚达数百米的红色、杂色类磨拉石建造,仅见于伊吗图和海洲一带。

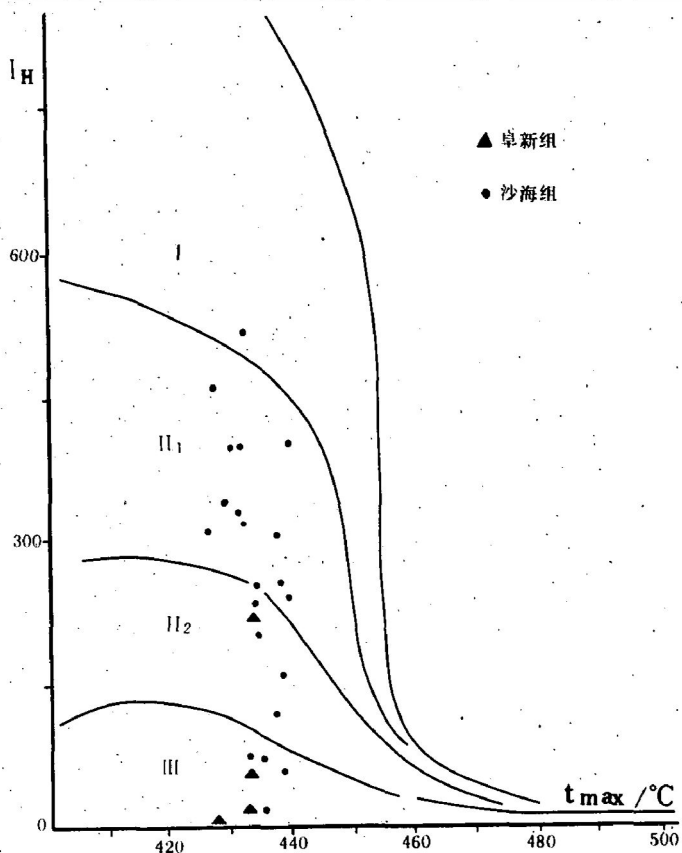
图2 563井热解色谱 I_H-t_{max} 关系图

表3 阜新盆地有机质热演化阶段数据表

热演化阶段	井号	深度(m)	烃C(%)	"A" C(%)	沥青"A" (%)	总烃(ppm)	沥青"A"族组成(%)				饱芳	元素(%)			原子比		红外光谱	
							饱和烃	芳烃	沥青质	非烃		C	H	O	H/C	O/C	2920 ₁₆₀₀ cm ⁻¹	1700 ₁₆₀₀ cm ⁻¹
未成熟	563	<1350	0.32	0.01	0.014	44	14.00	15.00	12.00	43.00	0.77							
	85-9	<1350	0.67	0.02	0.032	108	16.50	16.67	27.13	27.15	1.01	60.4	3.7	11.3	0.74	0.12	0.579	0.451
	1017	<1350	0.68	0.02	0.059	227	19.26	14.84	20.64	34.79	1.28							
成熟	563	1350—1938	1.13	0.04	0.120	371	17.08	14.52	17.44	38.52	1.21							
	538	1350—2002	1.33	0.04	0.113	395	24.38	7.73	18.61	41.56	5.94	66.7	5.3	9.7	0.96	0.12		
	569	1350—2037	1.33	0.05	0.111	324	15.94	12.74	19.78	27.08	1.42	60.8	4.5	7.0	0.87	0.09		
	85-99	1350—1368	2.29	0.05	0.156	720	29.45	16.71	16.19	24.63	1.76	54.8	4.7	4.7	1.79	0.06	1.052	0.387
	1017	1350—1365	0.71	0.02	0.061	223	19.04	17.50	22.88	31.73	1.09							

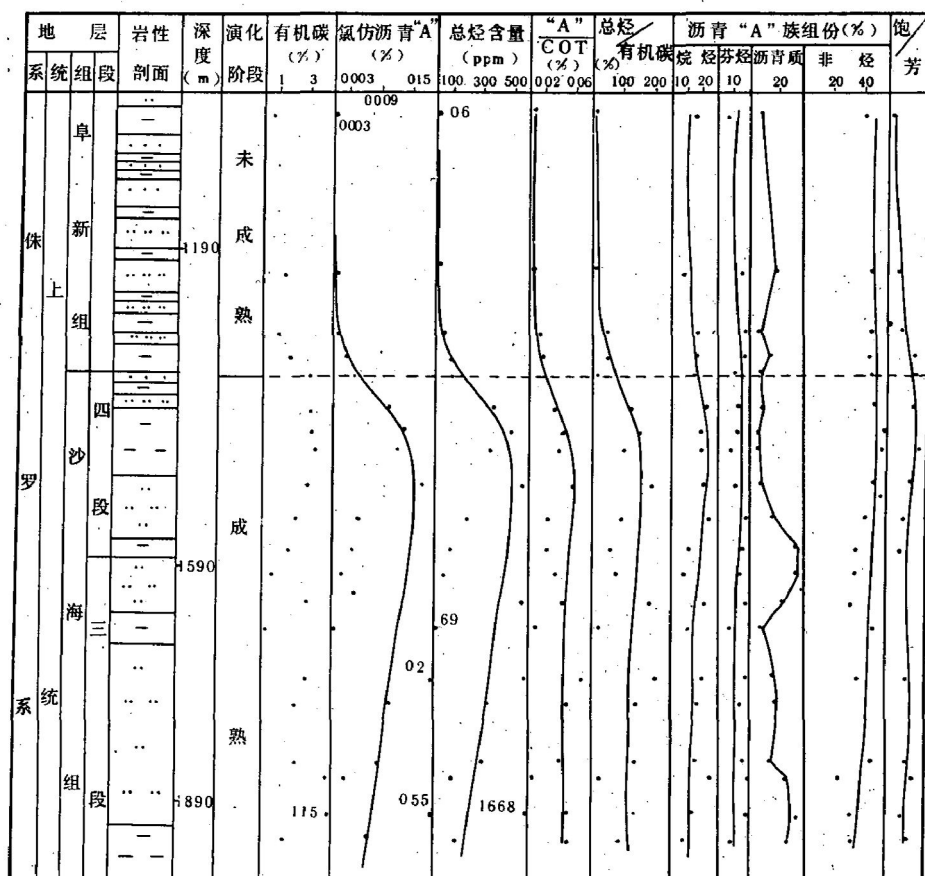


图3 563井生油岩可溶有机质的热演化剖面

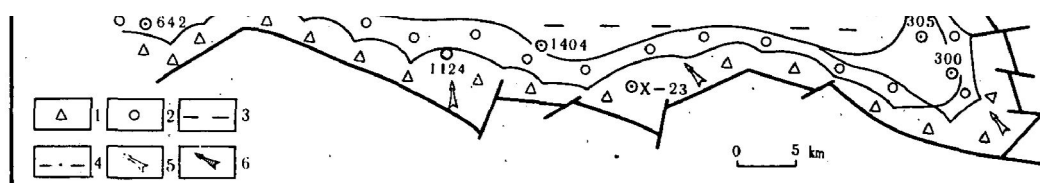
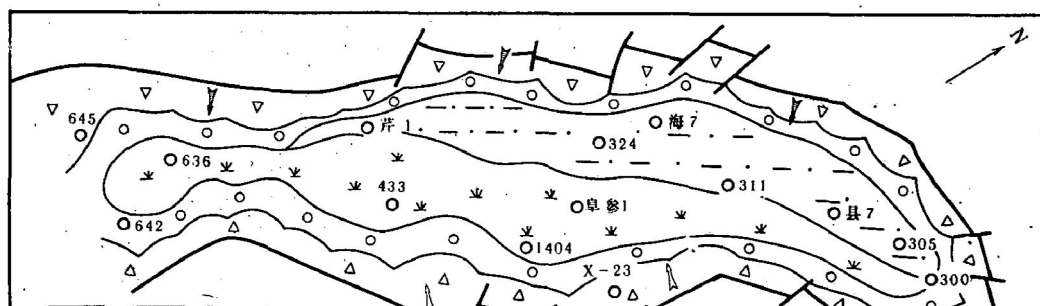


图5 阜新盆地沙海组四段沉积相图

1—冲积扇相, 2—扇三角洲相, 3—半深湖相, 4—浅湖相, 5—主要物源方向, 6—次要物源方向

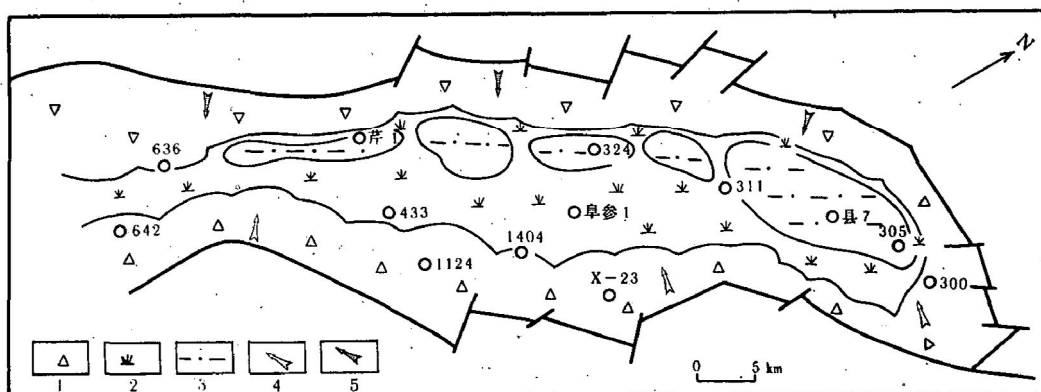


图6 阜新盆地阜新组沉积相图

1—冲积扇相, 2—沼泽相, 3—浅湖相, 4—主要物源方向, 5—次要物源方向

2. 储集层类型及特征

阜新盆地储集层主要分布在九佛堂组和沙海组三、四段。阜新组由于埋藏太浅或找煤钻探、煤田建设开采,浅层构造或油气藏已遭受严重破坏,故未成为有效储集层。

盆内储集层主要有三类:

(1) 冲积扇砂岩体

盆地内各组段均有分布。其中以沙海组占优势,尤其是沙海组二段在盆地两侧相对发育,沙三、四段冲积扇主要分布于东西两侧盆缘断裂的内侧。由于远离烃源岩,未见油气显示。

(2) 水下重力流砂岩体

主要发育沙海组四段,与半深湖相伴生,由浊积岩和泥石流组成。其中浊积岩厚度由东南至北西方向逐渐变薄,砂体累厚一般为250 m±,油气显示较普遍;泥石流主要分布在东梁区的东南边缘,至今尚未发现油气显示。这两种砂体的孔隙度一般为10%,最大16.7%,渗透率几乎都小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属低孔隙、低渗透储集层。

(3) 扇三角洲砂岩体

主要发育在沙海组三段,推测九佛堂组可能也有这种砂岩体。沿盆地短轴方向发育,相带较窄,主要有水下分流河道、河口沙坝、前缘席状砂和分流间湾亚相,前二者的油气显示较多。

该类砂体最大累厚为360 m(未穿)。孔隙度一般为15%,最大27%;渗透率大部小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,少部分大于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

九佛堂组根据大凌河以南少量钻孔资料统计(未取到分析样品),储层较发育,累计厚度可占地层厚度30%—40%,单层厚度较大,其中砾岩、砂砾岩为108 m,砂岩为60 m;大凌河以北无钻孔控制,但在盆边市北八家子后山见到了数百米厚的暗色泥岩、页岩夹砂岩和砂砾岩,由此推测在盆地内部也应有九佛堂组存在,而且埋藏较深,厚度较大,因此该组也是油气勘探的重要对象。

3. 生储盖组合特征

除盆地深层(九佛堂组)因勘探程度很低,情况不明外,已知沙海组-阜新组在纵向上生储层间互,并有良好的油气显示,说明上侏罗统存在着有效的生储盖组合。综合各项资料分析,主要有自生自储自盖组合、正常式组合(下生上储)、“顶生式”组合(沙海组、九佛堂组为生油层和盖层,下伏义县组火山岩为储层)和“潜山式”组合,各组合中均见油气显示,其中自生自储自盖组合分布面积较广,油气显示普遍,是盆内主要组合形式。

4. 油气显示特征

阜新盆地在钻井及采煤巷道中普遍见到油气显示。地表见于县城西义县组火山岩气孔中充填沥青及吐呼噜大山的沙海组油砂。在煤层气勘探过程中于东梁区相继完工的12个浅井中,测井解释井井含气,而且愈近构造高点显示愈明显,层位均为阜新组。全盆地广布的油气显示其产状多为含油和油浸,一般常位于韵律层的底部,具有井段长、层数多、单层薄、横向变化大的特点。

阜新组油气藏已遭严重破坏,故沙海组三、四段油气显示更显重要。其中沙四段油气显示主要集中于东梁背斜侧翼,而在背斜轴部由于地层出露地表或埋藏太浅,油气保存条件变差,显示亦差;沙三段油气显示十分普遍,含油较饱满,甚至有外溢现象,一般位于该段中下部的水下分流河道砂岩中,但横向变化较大,连通性较差,故油气侧向运移距离较短。

在东梁区有12个浅井试油,有4口井获日产量1—2 t;6口浅井试气,其中有2口获工业气流,最大日产气量分别为3914 m³和4631 m³,其共同特点是压力小,持续时间短,产层均为阜新组。经测试后认为,浅层没有工业开采价值,深层即沙三段及其下伏九佛堂组应是油气勘探的主要目标。

二、结 论

(1) 阜新盆地是在前寒武纪基底上形成与发展起来的晚侏罗-早白垩世地堑型断陷盆地。在盆缘断裂控制

下,地壳塌陷形成断陷湖泊,接受了浅湖—半深湖—浅湖相的沉积,堆积了厚3000余米的上侏罗统,为有机质转化成油及保存提供了良好条件。

(2) 盆地经历了晚侏罗世早期的火山喷发及辉绿岩的侵入活动,具有较高的地温,为油气生成提供了良好的热力条件。经浅井资料分析,盆地成油门限深度1350 m,平均地温梯度 $3.93^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 。

(3) 盆地内主要生油岩为九佛堂组和沙海组三段、四段,有机质丰度较高为Ⅱ型,属好—较好生油岩,而阜新组属较差生油岩。

(4) 盆地内发现背斜和断鼻等局部构造6个,总圈闭面积 96.5 km^2 。盆内较发育的同生断裂,不但为油气运移提供了良好的通道,而且对局部构造和油气藏的展布起控制作用。

(5) 盆地内上侏罗统储层广泛发育,其类型主要有冲积扇砂岩体、水下重力流砂岩体和扇三角洲砂岩体,物性条件大多数差—较差。油气显示具层系多、井段长、分布普遍的特点。

综上所述,阜新盆地油源条件较好,储层发育,圈闭类型较多,具备了形成油气藏的良好条件。但是盆地储层主要为小孔细喉型,孔喉连通性较差,如能采用压裂等措施,增加孔喉连通性和渗滤能力,仍可开发利用。

PETROLEUM GEOLOGICAL CHARACTER OF FUXIN BASIN

Liu Jianying Wang Shiyun Yin Jihong

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Exploration Bureau of Liaohe Oilfield)

Abstract

Fuxin Basin is a graben-type basin that covers an area of 2000 km^2 formed on Precambrian basement during Late Jurassic-Early Cretaceous. Contemporaneous faults could be primarily classified into two groups such as NNE-stretching and NW-stretching faults. The former controlled the thickness and distribution of Upper Jurassic, and the later controlled the distribution of coal-rich zones and local structures. The Jiufotang Formation and the third-fourth member of the Shapai Formation are the main source rocks whose organic matter is mainly type-II, and the threshold depth of oil-generation that is calculated with average $3.93^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ of geothermal gradient is 1350 m. Reservoirs occupy 70% of the total sediment thickness, in which sandbodies of fan-delta and subaqueous gravity-flows are more favourable for hydrocarbon preservation.