

松辽盆地南部梨树地区油气藏 形成地质条件研究

郭 或 高善平 牛 成 郑虎臣 李纯林

(地质矿产部吉林石油普查勘探指挥所, 长春 130062)

梨树地区是发育在前中生代变质基底之上于晚侏罗-中白垩世形成的多层叠置的断-拗型盆地。十屋断陷中生界总厚近 10000m。五家子组为主要烃源岩, 泉头组砂岩为主要储集层, 长期在杨大城子古隆起控制下形成的各类圈闭为重要的油气勘探靶区。

关键词 松辽盆地 梨树地区 盆地演化 五家子组 泉头组 油气藏形成条件 油气远景评价

第一作者简介 郭 或 男 59岁 教授级高级工程师 石油地质

梨树地区位于松辽盆地东南隆起带南端, 面积约 6000 km²。50年代地质部曾於此进行石油普查工作, 於南 14 井泉头组和基岩内发现多层油气显示。80年代初地矿部二进松辽, 优选南东隆起带的梨树地区为工作对象, 开展以“四新”为主要内容的大面积地震普查勘探和钻井验证工作。截至 1985 年, 共发现后五家户、小五家子等深、浅层构造 34 个^{*}。1986 年 7 月小五家子构造在松南 13 井深部地层首获日产原油 4.8m³、天然气 1.5×10⁴m³。至 1990 年底, 共找到四五家子油气田、后五家户天然气田以及松南 11 井等 5 口油气发现井。这些重要发现对指导松南地区深层勘探具有重要意义, 也为松辽盆地深部断陷成油气条件的研究提供了重要依据。

一、地层发育概况

区内中生代地层以十屋断陷最厚, 总厚近 10000m。由于十屋断陷深度大, 钻井浅, 地震反射层 T₄₋₁波以下各波组的地质属性和岩性组合特征, 至今知之不多, 故而在地层划分、对比上出现了众说纷纭的方案^{**} ^{***} ^{****}。笔者仅据地震反射波组特征、钻遇地层及与邻区对比认为: 深部地震反射层计有 T₃、T₄、T₄₋₁、T₄₋₂、T₅ 等波组。其中最主要的是 T₃、T₄₋₁和 T₅ 波, 它们具有能量强、连续性好、界面上超、下削的特点, 能清晰地反映断陷、拗陷和断陷早、晚

收稿日期: 1992-01-24 改回日期: 1992-06-01

* 牛 成等. 梨树地区地震勘查成果报告. 1990.

** 魏汉华等. 松辽盆地上侏罗一下白垩统煤成气地质条件研究. 1985.

*** 唐黎明等. 松辽盆地南部梨树地区石油天然气普查勘探地质报告. 1991.

**** 袁松余等. 松辽盆地南部十屋断陷十屋组孢粉组合及其地层意义. 吉林石油地质科技情报, 1991 (1); 袁松余. 松辽盆地东南隆起区深层生物地层学研究现状, 吉林石油地质科技情报. 1991 (1).

期发展阶段的界线以及各自分布范围； T_4 和 T_{4-2} 波虽不及前者典型，但从波组特征、接触关系也可进一步划分层序。另据报道，在东缘山区沙河子组上覆营城组酸性火山岩和相关碎屑岩之上发现一套厚达400余米含煤系砂泥岩层，为松辽盆地东缘一独立的、新的含煤层位，称大羊草沟组^{*}。这一发现很重要，为研究断陷地层和对比提供了依据。由此，十屋断陷SN17、SN18等井相当地震 T_{4-1} 波之下钻遇的中一酸性火山岩夹含煤线碎屑岩层可与营城组对比；而上覆具成油气条件的暗色以泥岩为主的砂泥岩层与大羊草沟组当属同期异相产物，因该层首次在小五家子构造发现工业油气流，故暂称为五家子组；另假整合覆于其上的杂色砂砾岩和砂泥岩层与前人命名的登娄库组岩性特征基本相似，故暂沿用其名。从五家子组和登娄库组的沉积相和岩性组合特征看，似为同一沉积体，即由深一半深水湖相的暗色泥岩夹砂岩层，向上逐渐递变为浅湖、湖沼和河漫等相的杂色砂泥岩和砂砾岩层组成的一个大的反向沉积旋回；在盆地发展上，相当于由稳定的大幅度沉降，到湖水退缩直至抬升和消亡的发展阶段。故此，将它归为断陷晚期，时代暂定为早白垩世晚期。又据地震资料分析， T_{4-1} 反射层营城组之下，应存在沙河子组和火石岭组，从受断陷控制和火山岩发育特征，将之划归断陷早期不稳定发展阶段，时代暂定为晚侏罗-早白垩世早期。据柳条断陷松南26井揭露，缺失登娄库组；中白垩统红层之下为五家子组，主要是一套厚约400m的暗色砂泥岩夹薄煤层，其特点很类似大羊草沟组沉积；再下为厚700m的岩屑长石砂岩及砂泥岩夹煤系，其层位大体相当营城-沙河子组；2610—2815m井段为安山岩，下部夹砂、泥岩，属火石岭组；从地震资料反映，松南26井在2852m进入基底(T_5)，钻进厚度为242m。由此可见，前述十屋断陷深部地层存在的推断和与地震界面相对应的意见是基本可靠的。

表1 梨树地区地层简表

时 代		盆地类型		岩 性		厚度 (m)	地震界面	生 储 层
K ₂	四方台组		坳陷型	灰色砂岩、泥岩			T ₁	重要储集层
	嫩江组			灰黑色泥页岩		0 ~ 500		
	姚家组			砖红、棕红色砂泥岩		0 ~ 600		
	青山口组			灰、暗灰色泥岩				
	泉 头 组	Q ₄		灰、棕灰色砂泥岩		400 ~ 2000	T ₂	
		Q ₃		暗紫色泥岩、灰色砂岩互层				
		Q ₂		暗紫色泥岩夹砂岩				
		Q ₁		灰色砂岩				
K ₁	登娄库组	断陷型	晚期	杂色砂岩、泥岩		0 ~ 3000	T ₃	次要储集层
	暗灰色泥岩			0 ~ 1800	T ₁	重要油气源岩		
	营城组		早期	中酸性火山岩、火山碎屑岩		0 ~ 2300	T ₄₋₁	煤成气源岩
沙河子组	砂泥岩夹煤层			0 ~ 1600	T ₁₋₂			
火石岭组	中酸性火山岩、火山碎屑岩					T ₅		
前中生界				片岩				

中白垩统泉头组-嫩江组全区广布，统属松辽盆地坳陷期沉积。近年来对泉头组研究较详，主要以河流相为主体的冲积平原沉积，即以不同类型的河流、河漫、洪泛和一些浅水湖泊相

* 张川波等，松辽盆地东缘晚中生代一个新的含煤层，长春地质学院学报，1991，(3)。

沉积为特征,总厚度2000余米,岩性以砂岩为主夹有具盖层特性的泥质岩,通过不整合面或断裂与下伏地层的沟通,构成了本区深生浅储的生储盖组合(表1)。

二、构造特征

梨树地区是发育在前中生代变质基底之上于晚侏罗—中白垩世形成的多层叠置的断—坳型盆地。盆地发展早期(晚侏罗—早白垩世早期)是范围广、强度大、断裂发育和火山活动频繁的断陷活跃时期。十屋断陷是在桑树台深大断裂和小城子断裂,以及杨大城子古隆起制约下形成的西深东浅的箕状盆地,面积约900 km²,断盆内充填了中基性火山熔岩(火石岭组)、中酸性火山熔岩(营城组)夹含煤系碎屑岩(沙河子组),总厚约3900 m。另在桑树台大断裂北端的皮家窝堡一带,发现一地震杂乱反射结构,并参差不齐地穿插在各组之中;在SN713线怀德断裂北延的太平池附近,亦清晰地见到小型火成岩侵入体。据此认为,侵入体的形成与东缘山区大羊草沟组不整合上覆之中基性火山岩和相关碎屑岩是断陷盆地抬升之同期产物。柳条断陷位于边家店—八面城凸起带的西侧,为受义顺屯和倪家窑断裂控制的地堑式盆地,面积约1100 km²。

断陷发展后期(早白垩世晚期)构造运动趋于稳定。十屋断陷除桑树台深大断裂仍持续大幅度下降外,小城子断裂已不复活动,形成一西断东超的箕状断陷,面积约1800 km²。登娄库期末的构造运动使盆地抬升,结束断陷盆地分割局面,进入中白垩世坳陷型盆地发展阶段。此时柳条断陷的义顺屯大断裂虽有活动,但断距不大,五家子末期盆地抬升,登娄库组无沉积(图1,2)。

断陷内多数局部构造是由几种方向的张性—张扭性断裂相互错断形成的断块和断块的翘倾、转动对披覆层的牵引造成的。一些资料表明,十屋断陷对局部构造形成起主导作用的断裂有:新立屯—十屋、葛家屯—小宽、太平庄—四家子和秦家屯等NE向正断裂,它们多为基底小断裂,上覆层则呈现几条狭窄的向斜;NE向断裂又在NNE—NW向张性—张扭性断裂的错断下形成众多断块。当断裂面倾向与基底面倾向相反时成为屋脊式断块,由于各断块不断翘倾,其上覆盖层受其牵引而挠曲,进而发展为牵引背斜和构造带,其构造高点亦随着地质历史的推移向基底面倾斜方向偏移。与此同时,由于断陷北部受杨大城子古隆起的制约,使构造带向西南呈鼻状倾没于深凹之中,以致形成得天独厚的葛家屯—后五家户和太平庄—小五家子富含油气构造带。柳条断陷由于勘探程度低,构造分布规律尚不十分清楚,然而义顺屯大断裂东缘的滚动背斜、断陷腹部的双山、小白构造应予足够重视,对发现煤成气为主的气藏还是有可能的(图3)。

中白垩世嫩江期末的构造运动以压扭作用形成的转换逆断层为特点,主要有义顺屯、双龙和怀德等三条NE向逆断层和一些规模不大的NNE—NW向小断层,前者控制局部构造和构造带的形成,后者使新、老局部构造复杂化或影响油气在构造内的聚集和散失。义顺屯逆断层是由柳条断陷原控盆正断层逆转而成,由于断层向西逆冲形成了集福屯、后望杏、秀水等牵引构造;十屋断陷北部的双龙逆断层是区外晚侏罗世形成的断面西倾的正断层(控制小型箕状断盆)逆转而成,中白垩世嫩江期末构造活动形成了三岗和双龙等背斜构造,向南似与太平庄、小五家子构造相连接,组成了三岗—双龙—小五家子构造带;怀德逆断层亦是区外同期形成的断面东倾的正断层逆转而成,在登娄库期末的逆冲下形成太平池、怀德等局部构造,

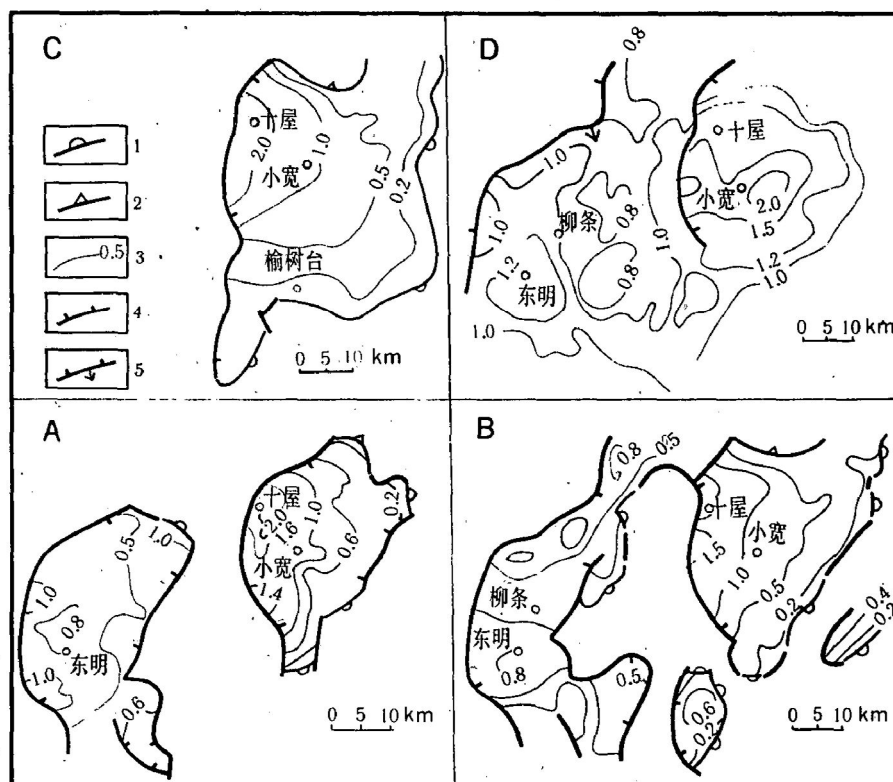


图1 各组分布及等厚度略图

A—营城组分布及等厚度略图, B—五家子组分布及等厚度略图, C—登娄库组分布及等厚度略图, D—泉头组分布及等厚度略图; 1—沉积边界, 2—地层剥蚀线, 3—等厚线 (km), 4—正断层, 5—逆断层

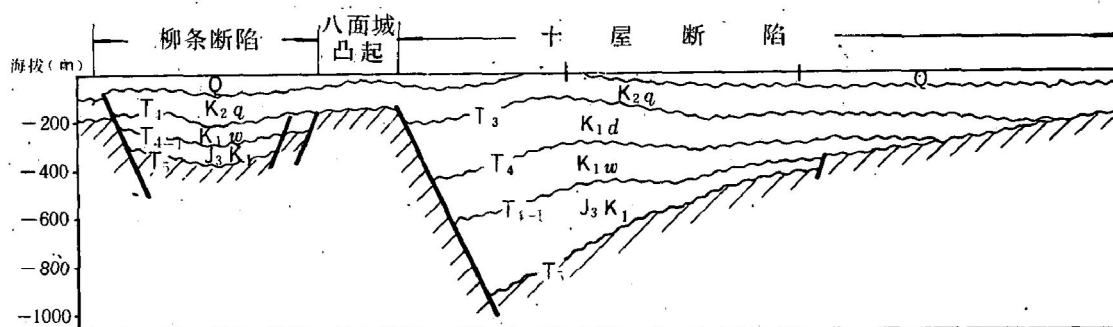


图2 断陷-拗陷型盆地构造剖面图

断陷早期: 火石岭-营城组 (J_3K_1), 断陷晚期: 五家子组 (K_1w) 及登娄库组 (K_1d), 拗陷期: 泉头组 (K_2q)

向西南可能延伸至秦家屯一带, 似组成太平池-怀德-秦家屯构造带; 区内西部的后五家户、葛家屯构造似与北部的大青山等构造组成又一构造带。然而, 由于各局部构造定型期以及所处沉积凹陷成油气物质基础的差异, 其远景评价不尽相同。如大青山-后五家户构造带的大青山构造, 三岗-小五家子构造带的三岗、双龙构造以及太平池-秦家屯构造带的太平池、怀德西构造等, 均形成于嫩江期末, 且发育在面积小、深度较浅的箕状断陷内, 其中又缺失登娄库组,

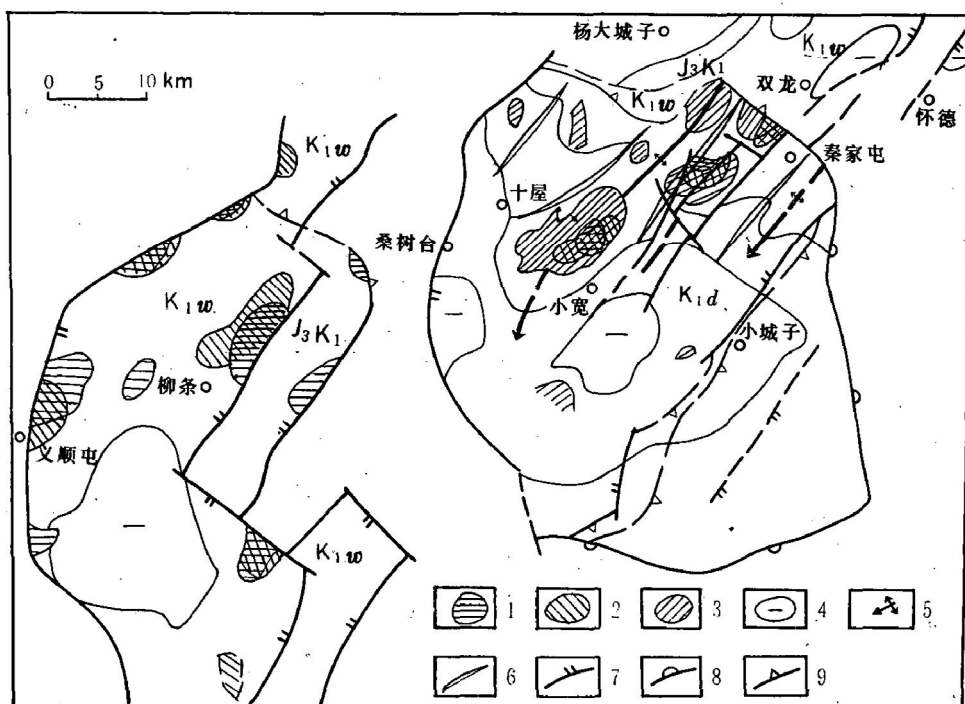


图3 断陷期构造分布略图

1—火石岭-营城组构造, 2—五家子组构造, 3—登娄库组构造, 4—深凹,
5—背斜轴, 6—向斜轴, 7—断层, 8—超覆尖灭线, 9—剥蚀线

作为油气源岩的五家子组已递变为杂色砂泥岩层(杨103井), 故对成油不利, 但若存在煤系, 则可望发现煤成气藏。而位于长期发育、富含油气的十屋断陷之上, 以泉头组砂岩为储集层, 于嫩江期末形成的背斜构造, 有小型断裂和不整合面为运移通道与烃源层沟通, 是构成该区深生浅储的一个最主要的油气勘探领域(图4)。

三、油气地质特征及典型油气藏

(一) 油气地质特征

由于受钻探工作量和钻井深度所限, 两断陷研究程度不平衡, 深部的营城组、沙河子组成油气条件尚不清楚。柳条断陷仅施工一口井(SN26), 在泉头组之下为一厚400m的五家子组暗色夹煤线泥砂岩层, 主要为湖沼相沉积, 泥岩有机碳含量一般达2%, 为Ⅱc型干酪根, 属腐殖型母质的气源岩。

十屋断陷的登娄库组为湖沼相杂色砂泥岩沉积, 泥岩有机质丰度低、类型差(Ⅱ、Ⅳ型干酪根), 一般不具源岩条件; 而五家子组则为深一半深水湖相沉积, 暗色泥岩发育, 并以面积广(1100 km²)、厚度大(最厚达2000 m), 类型较好(以ⅡA、ⅡB型干酪根为主)为特点, 构成断陷发展中期重要油气源岩(表2), 其演化程度, 以深凹为中心, R_o 值由内向外呈半环

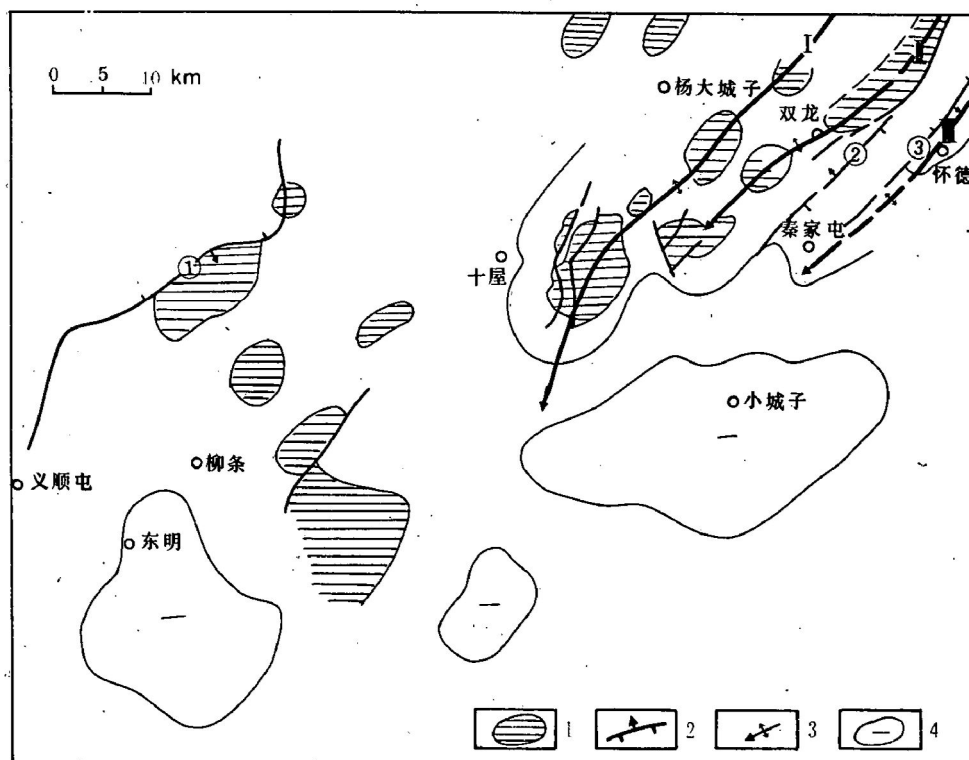


图4 坳陷期构造分布略图

I—大青山-葛家屯-后五家户构造带, II—三岗-双龙-小五家子构造带, III—太平池-怀德-秦家屯构造带;
①—义顺屯逆断层, ②—双龙逆断层, ③—怀德逆断层; 1—背斜构造, 2—逆断层, 3—背斜轴, 4—深凹

状逐渐递减*。

表2 烃源岩地化参数表

层位	有机碳 (%)	沥青 A (%)	总烃 (ppm)	H/C	O/C	显微组分	有机质类型	R_o (%)
K_1d	0.35—0.63	0.0098		0.6	0.072	腐殖	II	0.62—1.45
K_1w	0.35—1.5	0.003	27	0.516	0.056	腐泥腐殖	IA, IB	1.33—2.10

登娄库期末发生的强烈构造运动,使盆地抬升,登娄库组及以下各组均遭不同程度剥蚀;葛家屯-后五家户构造带、太平庄-小五家子构造带及一些局部构造定型;此时深凹中五家子组烃源岩已进入生油气高峰期,发育在五家子组中的砂岩储集层紧邻油气源岩,构成良好生储盖组合关系,形成各类圈闭的原生油气藏。中白垩世进入坳陷阶段,随着埋深的加大,五家子组烃源岩在深凹进入高热—过熟期,液态烃开始裂解生气,在边缘区开始成熟大量生油生气。嫩江期末的构造运动,使区内形成众多叠覆在前期构造之上的低幅度圈闭。勘探证明,原油和天然气是按源岩成熟度高低变化成带状分布的:邻近深凹的皮家窝堡、后五家户、老公林子和艾家窝堡等构造位于高熟区,主要产天然气,其中后五家户构造为天然气田,艾家窝堡为工业天然气井区;边缘区的小五家子、太平庄、葛家屯和张家屯等构造位于成熟区,油气均产,其中小五家子构造是油气田;杨大城子古隆起上之泉头组低幅度构造,属无源岩区,

* 肖海燕. 十屋断陷下五家子组热演化特征. 吉林石油地质科技情报, 1991 (1).

其油气从南面沿不整合面经较长距离运移而来,如 S14、39、40、57、杨 108 等井的泉头组均见有较好的油气显示,其中以 S14 井为最好,泉头组油浸和含油砂岩(多为稠油)达 30 余层,总厚 60 m 以上,在基底绿泥片岩的片理中亦充填有沥青和稠油。断陷东缘为缓坡区,地层尖灭超覆现象明显,构造不发育,在登娄库期末,只形成面积小和幅度低的艾家窝堡构造和老公林子鼻状构造,深部源岩生成的天然气主要赋存在上述构造和地层超覆尖灭带内;上覆的泉头组,虽储层物性好,由于无构造,不具备聚集油气的条件。

储层物性分析,五家子组和登娄库组砂岩以中粒岩屑长石砂岩为主,次生长石和石英胶结,储集空间主要为粒间残余孔和长石溶孔,孔隙度一般为 6%—13%,渗透率一般为 $66 \times 10^{-3} - 0.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,是一套低孔渗储集层。泉头组砂岩则以中—细粒长石、石英砂岩为主,孔隙度一般为 25%,渗透率最大可达 $2977 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,是一个重要的储集层。区域性盖层有三套,即青山口组、泉头组二段和五家子组中上部,均为泥质岩为主的细碎屑岩段。从宏观看,区域性盖层的封盖性不甚理想,青山口组相变为砂泥岩层,泉头组二段砂岩所占比例高达 31.22%,失去了封盖条件;张性断裂和裂隙的发育,也给区域性盖层带来不良影响,造成了含油气层段多、分布井段长、含油气丰度低这一油气分布特点。因此,基本上不具备形成大、中型油气藏的油气地质条件。这种生储盖配置关系组成了上、下二套含油气组合。下部含油气组合发育于油气源岩中,分为小城子油层、四家子油层;上部含油气组合发育于泉头组储层中,分为杨大城子油层和农安油层,油气是从下伏烃源岩或早期油气藏沿裂隙及不整合面经长距离运移、聚集而成(图 5)。

(二) 典型油气田

1. 四五家子油气田

油气田位于十屋断陷北坡,三岗-双龙-小五家子构造带南端,构造发育在基底屋脊断块之上,登娄库期末构造运动使其定型。下伏五家子组烃源岩生成之油气聚集其中,形成自生自储的深部油气藏(图 6)。嫩江期末的构造运动,使上覆泉头组受挤压形成低幅构造叠加其上,由于断裂、不整合面的沟通和遮挡,又构成了深生浅储的浅部油气藏(图 7)。

纵向上油气显示层位多。上部含油气组合的杨大城子油层多为油、水同层,原油的密度和粘度均高;农安油层的下部(泉 1 段)以天然气层占优势,上部(泉 2 段)则以油层为主,具明显分异聚集现象。下部含油气组合的小城子油层和四家子油层,原油密度、粘度自下而上逐渐增大,气油比逐渐减小。四家子油层

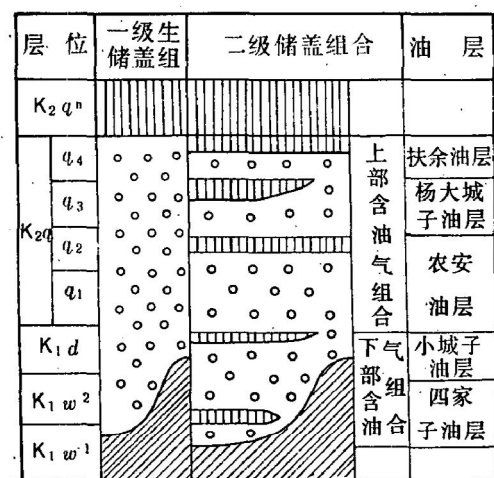


图 5 储盖组合划分图

(据朱陆忠等,修改)

具低孔、低渗、低压特征,平均有效孔隙度为 12.5%,渗透率一般 $< 1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属岩性-构造油气藏,驱动能量以溶解气为主。农安油层和四家子油层是油气田的主力产层。农安油层储层孔隙度为 25%,渗透率 $> 100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,优于四家子油层,但由于原油高密度、高粘度的特性,只能视为低产油气层,属断层复杂化的背斜构造油气藏。其活跃的边、底水是油藏的主要驱动能量。

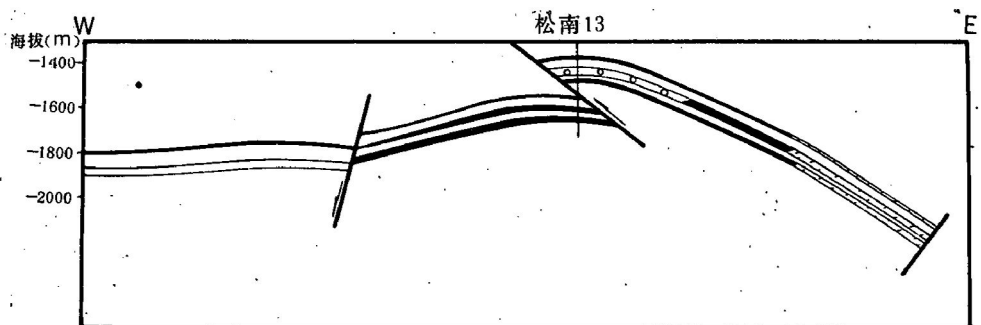


图6 四五家子油气田深部五家子组油气藏剖面图

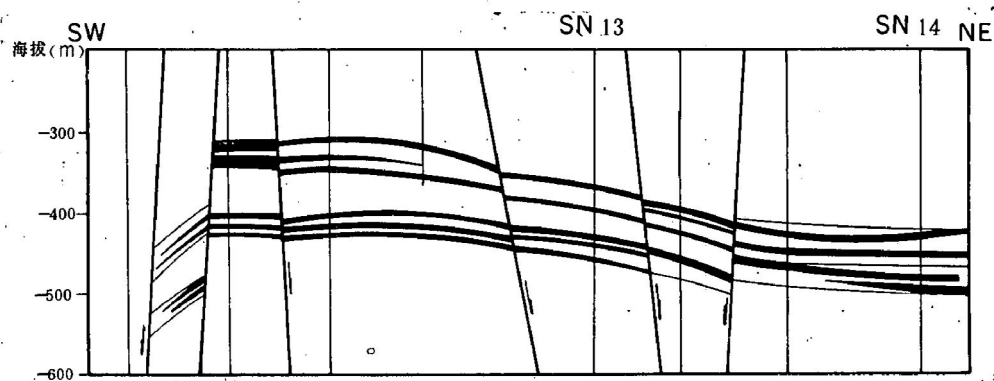


图7 四五家子油气田浅部泉头组油气藏剖面图

(据孙继国等)

2. 后五家户气田

气田位于葛家屯-后五家户构造带向十屋断陷深凹倾没的南端。构造雏形始于五家子期末, 登娄库期末的构造运动使其定型为 NE 向长轴背斜, 嫩江期末, 上覆泉头组被挤压成近南北向的长轴背斜构造, 其中并为一系列近 SN 走向的正断层分割成若干块体, 自西向东依次下掉, 呈阶梯式展布。各断块构造闭合幅度相差较大, 东断块闭合幅度 125 m, 中断块为 100 m, 西断块为 75 m; 各断块之间不具统一气水界面, 断裂对气水分布有明显控制作用。天然气主要赋存于泉一段砂岩中, 泉三段局部亦有分布, 储层以中、细粒砂岩为主, 孔隙度为 15%—19%, 渗透率一般为 16×10^{-3} — $77 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 天然气属湿气类型, 测试资料表明, 含少量凝析油及原油。密度 0.1567 g/cm^3 , 临界温度 -79°C , 临界压力 4.58 MPa。气藏边界水不十分活跃, 驱动能量主要是弹性气驱 (图 8)。

结 束 语

通过对区内油气藏地质条件分析, 可见两期构造运动 (登娄库期末、嫩江期末)、两种应力场 (张扭、压扭), 对两阶段的盆地 (断陷、坳陷) 和构造的形成, 以及烃源岩演化和油气运移、聚集有控制作用。十屋断陷以断陷中期的五家子组为主要烃源岩, 以坳陷期泉头组砂

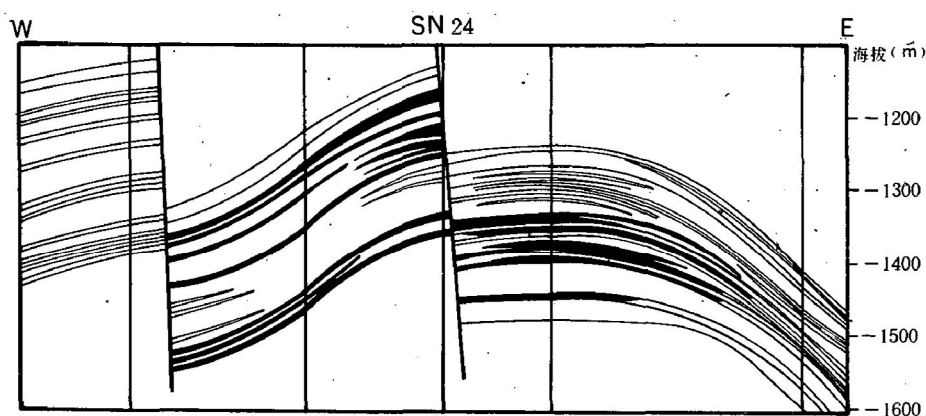


图8 后五家户气田浅部泉头组气藏剖面图

岩为主要储层，杨大城子古隆起陡坡带多期形成的各类圈闭是重要的油气勘探靶区。目前已发现有四五家子油气田和后五家户天然气田，并获得一定的储量。笔者深信，区内北部长期受杨大城子古隆起控制的陡坡带，因其圈闭类型丰富、储层物性良好、濒临生烃深凹，加之地层间不整合面和断裂的沟通，必定具有良好油气前景，可望发现基岩油藏、不整合面上、下油气藏、断块-构造-岩性油气藏等。断陷东缘期待发现登娄库组-五家子组地层超覆尖灭油气藏，深凹东侧登娄库组有可能存在丘积体岩性油气藏等。柳条断陷主要发育一套以Ⅲ型干酪根为主的煤系，多期发育的局部构造有发现煤成气藏的可能性。

本文在编写过程中，承祁学孟同志提出宝贵意见，吴祈健、贾笠、孙立辉、孙淑芳、沈淑兰诸同志协助绘图等工作，在此一并致谢。

GEOLOGICAL CONDITION FOR FORMATION OF HYDROCARBON POOLS IN LISHU AREA

Guo Yu Gao Shanping Niu Cheng

Zheng Huchen Li Chunlin

(Jilin Headquarters of Petroleum Prospecting, MGMR, Changchun)

Abstract

Lishu area in southern Songliao Basin is a multi-overlapped fault-depressed basin developed upon the Premesozoic metamorphic basement during Late Jurassic-Middle Cretaceous. The total thickness of Mesozoic strata in Shiwu fault-depression is about 10000m. The Wujazi Formation is an important oil-gas source rock. The Quanto sandstone reservoir developed in depression stage is the main deep-generated low-reserved reservoir.

The distribution and thermal evolution of the source rock and two structural movements (late Denglounku and Nenjiang stages) controlled hydrocarbon distribution. The steep slope belt in the north of Shiwu faulted-depression is the principal area for hydrocarbon accumulation. From deep depression area to upwelling area, the present area could be divided into three semi-circle hydrocarbon accumulating belts such as Houwujiahu gas belt, Xiaowuji oil-gas belt, Yangdachengzi thick oil belt.