

松辽盆地十屋断陷油气成藏条件*

陈孔全 徐言岗

(地质矿产部石油地质综合大队, 湖北荆沙 434100)

唐黎明 肖海燕 张玉明

(地质矿产部吉林石油普查勘探指挥所, 吉林长春 130062)

十屋断陷源岩分布的不均一性、复杂性, 以及多期构造活动使源岩类型、演化程度的不均一性, 是造成不同成熟度石油、油型气、煤型气有规律分布的主因。纵向上多套储盖组合, 多类型、多期次圈闭为油气富集提供了多层次的场所。断层和不整合面的垂向和侧向输导作用, 构成油气运移富集的空间网络。油气成藏的关键时期为嫩江期末, 关键因素为圈闭形成期与油气生、运、聚的配置。在此基础上, 总结出两种类型(油型、煤型), 两个期次(早期、晚期), 三种方式(跨越式、近源式、混源式)的油气成藏规律和六种成藏模式。

关键词 十屋断陷 不均一性 油型气 煤型气 分布规律 成藏模式

第一作者简介 陈孔全 男 34岁 高级工程师(硕士) 石油地质与有机地球化学

十屋断陷位于松辽盆地南部梨树地区, 是晚侏罗世开始发育起来的一个箕状断陷。经历了断陷—断拗转换—拗陷三个构造发展阶段, 地质条件复杂^[1~5]、含油气丰富、油气类型多样。八五期间, 我们采用动态平衡, 多期成藏的思路^[6], 对十屋断陷油气成藏条件、成藏规律进行了分析, 取得了一些新的认识。

1 成藏条件

1.1 源岩

1.1.1 类型多彩

十屋断陷沙河子组、营城组源岩, 前人做过很多研究^{**[7]}, 总体上表现为有机质丰度高, 以Ⅲ型干酪根为主, Ⅱ_B型次之, Ⅱ_A型较少。实际上由于钻井多位于盆缘, 很少揭露深湖相油源岩, 因此, 对Ⅰ、Ⅱ_A型干酪根有所忽略。

目前四五家子油气田, 后五家户气田的主力气层泉一段、登四段都以油型气为主(图1)。δ¹³C₂最轻者-37.34‰, 一般在-31‰~-35‰之间, 说明十屋断陷不但有Ⅰ型、Ⅱ_A型烃源

* 本文系国家“八五”重点科技攻关项目的部分成果(85-102-09-01-02)

** 唐黎明等, 十屋断陷石油地质特征, 1991

收稿日期: 1995-05-10 改回日期: 1995-06-25

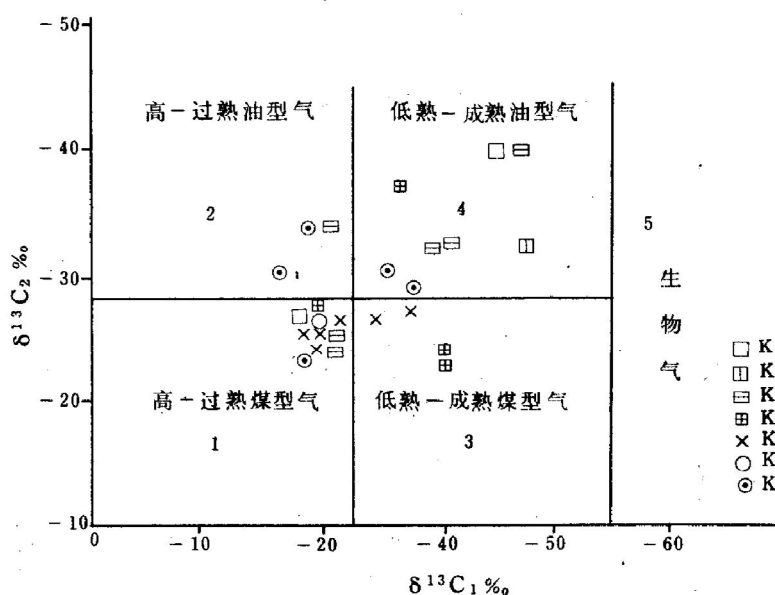


图1 十屋断陷天然气类型分区图

1.1.2 演化多异

十屋断陷经历了四个升降过程^[1,3],沙河子组、营城组主体烃源岩在登娄库期末进入生烃门限,并很快进入生油高峰期,至泉头期末进入大量生气阶段,嫩江期末由于大幅度的抬升,油气生成作用减弱或停止;而盆地深陷带的源岩,营城期末可能已进入生油门限,至登娄库期末已进入高熟阶段,青山口期末则已进入高过熟阶段;盆缘源岩因为埋藏较浅,在泉头期中晚期

岩存在,而且其空间分布还有一定的规模。

原油中 $\alpha\alpha\alpha\text{C}_{27}$ 甾烷含量在 26.21%~40.38% 之间,表示源岩原始有机质输入以低等水生生物为主,为 I-II_A 型干酪根;Pr/Ph 在 0.73~1.03 之间,表征其原始沉积环境为还原-弱还原环境;五环三萜烷中,普遍检出高浓度 γ -蜡烷, γ -蜡烷/ $\alpha\beta\text{C}_{30}$ 在 0.32~2.47 之间,表征源岩沉积时的半咸水介质条件。

有机质类型分布剖面(图2)表明有机质类型的时空展布很不均匀,受构造、沉积控制。

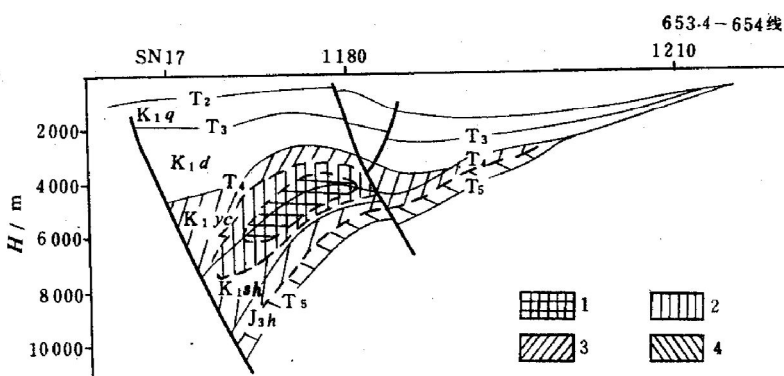


图2 十屋断陷有机相模式示意图

1—I类有机相展布区, 2—II类有机相展布区, 3—III类有机相展布区, 4—IV类有机相展布区

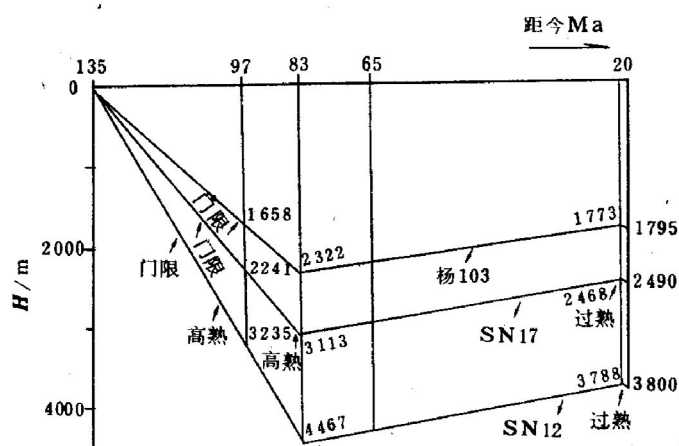


图3 十屋断陷区沙河子组底面埋藏史图

时才进入生油门限,构成油气演化时空展布的不均匀性(图3)。

1.2 油气运移空间网络

1.2.1 断层垂向输导

十屋断陷发育桑树台同生正断层,并在斜坡上发育了一系列正断层。

断层切穿沙河子组、营城组、登娄库组,部分断到泉头组三段(图4)。在沙河子至嫩江期末,盆地主要处于地壳伸展背景之下,断层以张性为主。同生断层及派生的正断层体

系，对深源浅储型油气藏起了重要的通道作用。

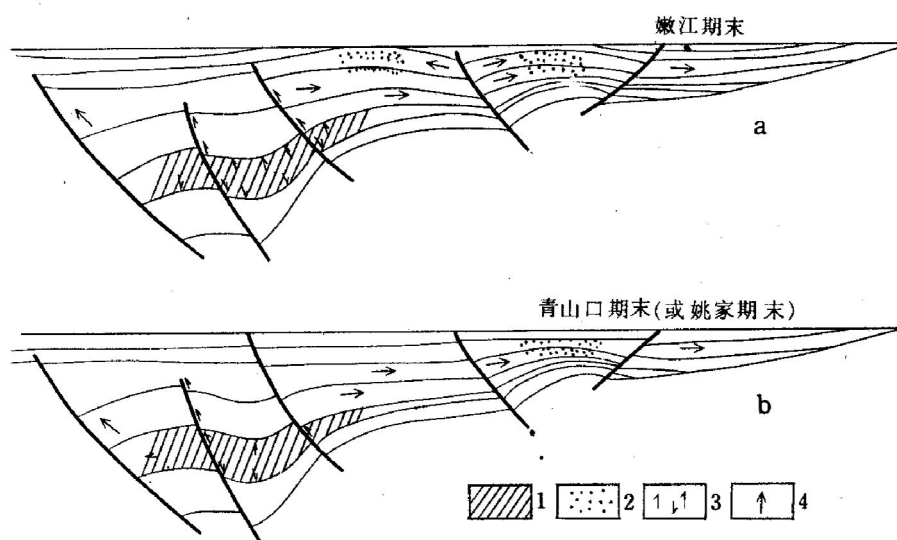


图4 十屋断陷石油、油型气生成、运移聚集模式图

1—烃源岩，2—油气聚集场所，3—烃初次运移方向，4—烃二次运移方向

1.2.2 不整合面侧向输导

十屋断陷油气从盆地深陷部位后五家户到斜坡上的四五家子到盆缘的杨大城子稠油区，距烃源区达50 km之遥，说明不整合面侧向输导的重要作用。十屋断陷存在 T_3 （泉头组与登娄库组之间）、 T_4 （登娄库组与营城组之间）、 T_5 （火石岭组与基底之间）等重要地质界面，其中 T_3 面对油气运聚的作用最大， T_4 次之。

1.3 多套储、盖组合

十屋断陷在成生、发展过程中，主要形成上、中、下三套储、盖组合（图5）。下组合储层为基岩或火山岩，盖层为沙河子组泥岩。中组合储层为沙河子组、营城组的各类砂体，如陡断带的水下扇、扇三角洲，深陷带的浊积扇，斜坡带的三角洲。盖层为沙河子组、营城组泥岩和登二段泥岩。上组合储层以登三段、泉一段、泉三段的各类河道砂岩为主，受河流控制，分布零星，直接盖层为登四段、泉二段、泉四段局部发育的泥岩，区域盖层为青山口组泥岩。

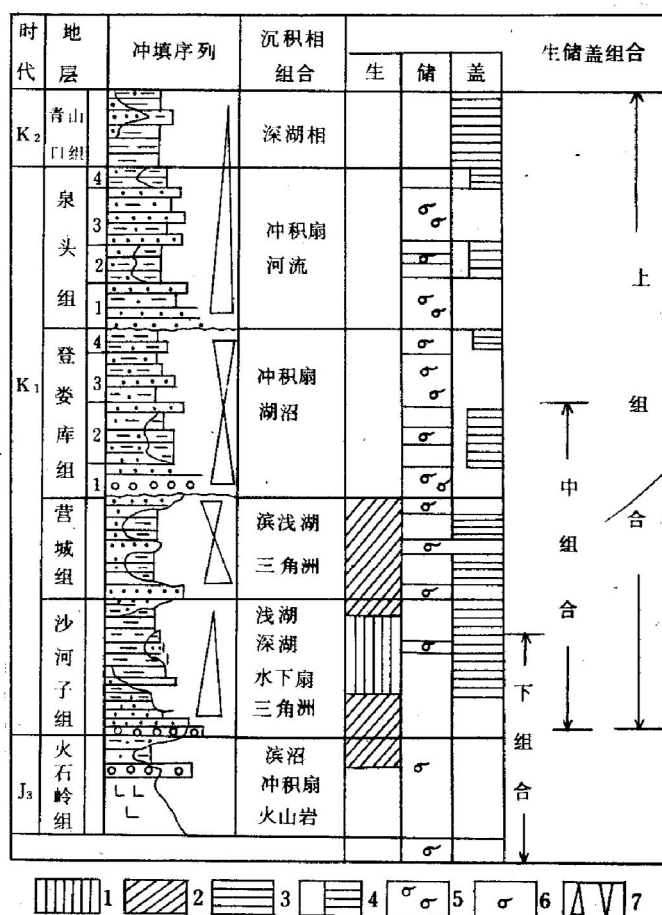


图5 十屋断陷沉积充填与生储盖组合

1—主要生油层，2—次要生油层，3—主要盖层，4—临界盖层，5—主要储层，6—次要储层，7—粒度变化

1.4 多期次、多类型的圈闭

十屋断陷圈闭类型丰富,构造圈闭、地层-岩性圈闭、复合型圈闭均有分布^[1,8]。圈闭的形成期次和空间配置关系对成藏有很大影响。

1.4.1 期次

十屋断陷的形成、发展过程中,经历了三次挤压事件,形成三期构造圈闭^{*[3]}。登娄库期末形成,嫩江期、明水期末改造、定形的多期叠合型圈闭或早期圈闭,与早期油气运、聚作用相匹配,捕获石油和低熟—成熟油型气而成藏。如小五家子构造。嫩江期末以后形成的晚期构造圈闭,与晚期天然气运、聚作用相匹配,以高—过熟气为主。如后五家户构造。小五家子构造、后五家户构造,虽然都处在同一斜坡上,但由于圈闭形成期不同,其含油、气性存在较大差异。

1.4.2 特征

十屋断陷的圈闭构造,可分为断陷型圈闭和坳陷型圈闭。

断陷型圈闭以同沉积圈闭为主,特点是圈闭规模小、分散,受基底和断陷盆地样式控制。斜坡带上易发育地层、岩性尖灭,与断块有关的古潜山,与砂体、古隆起有关的差异压实背斜等圈闭构造。同生断层一侧,则发育滚动背斜,与断层和扇体有关的砂体,与断垒有关的古潜山等圈闭构造。

坳陷型圈闭以嫩江期末、明水期末形成的背斜圈闭为主,背斜-岩性圈闭次之。圈闭规模大,成带出现。

2 成藏模式

2.1 规律

石油、油型气与煤型气属两种不同类型油气,有着不同的成藏条件、成藏规律与资源丰度。

在对油气生成、运移、聚集、保存进行动态分析的基础上^[10,11],我们总结出两种类型、两个期次(或两个以上期次)的油气成藏规律(表1)。两种类型的最大区别在于石油、油型气以跨越式(远源式)成藏方式为主,而煤型气以近源式成藏方式为主。早期成藏期次主要发生在泉头组至青山口组时期,以石油为主,相伴低熟—成熟油型气,同沉积圈闭、早期构造圈闭是有效圈闭。但由于该时期构造变形强度低,圈闭不发育,致使油气散失较多(图4b),

晚期成藏期次主要发生在嫩江期末,以高—过熟油型气为主,在断层、不整合面的导引下运聚成藏(图4a)。

煤型气形成时间长(气窗范围宽)、强度弱,以短距离排、运进入邻近储层形成气藏。也可分为两期,早期形成天然气较多,但很分散,聚集效益不高(圈闭不发育);晚期以高—过熟气为主,运、聚范围较大,部分进入泉头组一、二段形成跨越式气藏。

* 程日恒等. 松辽盆地找气前景及成藏地质条件. 七五科技攻关报告

表1 十屋断陷成藏期次与特征

类型	期次	源 岩	排烃	运移方向	距离	时期	界面	储 层	圈 闭	类型	实 例
石油与油型气	早期	深陷部位 K_{1sh}	脉冲式垂向排烃	侧向沿斜坡向盆缘	远	K_{1d} 末— K_{2qn} 末	T_3	K_{1d} 、 K_{1q}	同沉积构造、地层、岩性圈闭、 K_{1d} 末构造	远源式	小五家子, 杨大城子 K_{1q}^{2+3} 低熟油型气、油
	晚期	源岩(烃厨集中)	卸载式垂向排烃	侧向沿斜坡向盆缘	远	K_{2qn} 末— K_{2n} 末	T_3	K_{1d} 、 K_{1q}	K_{2n} 末以前形成圈闭	远源式	后五家户, 小五家子 K_{1d} 、 K_{1q} 高-过熟油型气
煤型气	早期	$J_3 - K_1$ 广泛分布Ⅲ型源岩(烃厨分散)	垂向	不定	近	K_{1yc} 末— K_{2qn}		基岩— $K_{1sh}-K_{1d}$		近源式	后五家户 K_{1d} 成熟煤型气
	晚期	源岩(烃厨分散)	垂向	不定	近	K_{2qn} — K_{2n} 末		基岩— $K_{1sh}-K_{1d}$		近源式	小五家子、后五家户、艾家窝堡 K_{1d} 、 K_{1sh} 、 K_{1yc} 中高过熟煤型气

2.2 模式

2.2.1 油型早期远源式

沙河子组 I—II_A 型有机质早期形成的油气, 进入登娄库组、泉头组圈闭成藏, 如小五家子油层与泉头组二、三段低-成熟油型气层。

2.2.2 油型晚期远源式

I—II_A 型有机质晚期生成的高-过熟天然气, 通过一定距离的运移, 进入登娄库组、泉头组圈闭成藏, 如小五家子、后五家户构造泉一段、登娄库组高-过熟油型气。

2.2.3 煤型早期近源式

Ⅲ型有机质早期形成的天然气, 就近进入邻近的圈闭, 或经短距离运移而成藏。

2.2.4 煤型晚期近源式

Ⅲ型有机质晚期形成的天然气, 进入邻近圈闭, 如艾家窝堡登娄库组气藏。

2.2.5 煤型晚期远源式

Ⅲ型有机质晚期形成的天然气, 经过一定距离的排、运, 进入登娄库组、泉头组圈闭, 或早期形成的煤型气藏受嫩江期末晚期构造运动的破坏; 进入泉头组圈闭, 如小五家子、后五家户登娄库组、泉一段煤型气藏。

2.2.6 混源式

不同源或同源不同演化阶段的油、气进入同一圈闭同一储层形成的油气藏。

另外, 油型早期、晚期近源式和煤型早期远源式也有, 但不是主要成藏模式。

3 小结

制约十屋断陷油气藏成藏的主要因素是油气生、排、运、聚时期与圈闭形成时期的匹配。储层、圈闭与烃厨的空间配置(距烃厨的远近, 是否在有利运聚带上等)也是决定有否油气和油气富集程度的关键因素。

以成藏的纵向层序考虑, 断陷构造层内地层、岩性、滚动背斜、断块、古潜山等同沉积

圈闭,形成近源式为主的油气藏,石油、油型气、煤型气并存,分布较分散,规模较小;坳陷构造层内的背斜圈闭,形成远源式为主的油气藏,其特点是油气藏分布受构造控制,规模也较大。由于后期抬升及构造变动的影 响,加之良好的断层、不整合面的通道,远源式成为十屋断陷最重要的成藏方式。

参 考 文 献

- 1 杨继良. 松辽断坳盆地的地质结构与油气. 见: 朱夏, 田在艺等. 中国中生代盆地构造与演化. 北京: 科学出版社, 1983. 187~197
- 2 陈发景. 我国含油气盆地的类型、构造演化和油气分布. 地球科学, 1986, 11 (3): 221~230
- 3 田在艺. 中国东北中生代盆地构造形成演化及油气展望. 石油地震地质, 1992, 4 (2): 1~23
- 4 李思田. 断陷盆地分析与聚煤规律. 北京: 地质出版社, 1988. 7~43
- 5 裘松余. 松辽盆地东南隆起区早白垩世地震层序和构造发展史及油气远景. 石油地震地质, 1992, 4 (2): 75~83
- 6 张义纲. 天然气的生成与聚集. 南京: 河海大学出版社, 1991. 149~170
- 7 肖海燕. 松辽盆地东部断陷盆地天然气特征及气源探讨. 沉积学报, 1994, 12 (3): 91~98
- 8 陈孔全, 徐言岗, 张文淮等. 松辽盆地南部有机包裹体特征及石油地质意义. 石油与天然气地质, 1995, 16 (2): 138~147
- 9 张士亚. 松辽盆地梨树地区天然气成藏条件分析. 见: 地质矿产部石油地质研究所编. 石油与天然气地质文集 (3). 北京: 地质出版社, 1991. 140~152
- 10 Magoon L B, Dow W G. The Petroleum system from source to trap (abs). *Bull. AAPG*, 1991, 75 (3): 627
- 11 Hunt J M. Generation and migration of petroleum from abnormally pressured fluid compartments. *Bull AAPG*, 1990, 74 (1): 1~12

HYDROCARBON POOL FORMING CONDITION OF SHIWU FAULT-DEPRESSION IN SONGLIAO BASIN

Chen Kongquan Xu Yangang

(Comprehensive Research Institute of Petroleum
Geology, MGMR, Jingsha, Hubei)

Tang Liming Xiao Haiyan Zhang Yuming

(Jilin Headquarters of Petroleum Exploration and
Prospecting, MGMR, Jilin, Changchun)

Abstract

The heterogeneity, the complexity of source rock distribution, the heterogeneity of source rock types and evolution that resulted from multi-stage tectonic actions in Shiwu Fault-Depression are the main factors causing oil, oil-type gas and coal-gas to distribute regularly. Multi-series of reservoir-cap assemblages and multi-stage trapping provide multi layer reservoir spaces for oil and gas enrichment; faults and unconformity surfaces are passages for hydrocarbon migration and accumulation. The key period in forming hydrocarbon pools was Nenjiang stage and the key factor was the matching of trap formation period with hydrocarbon generation, migration and accumulation period. According to above mentioned, two hydrocarbon pool forming types, three pool forming ways and six pool forming models have been concluded.