

松南地区断-坳盆地油气成藏条件*

陈孔全

(地质矿产部石油地质综合大队, 湖北荆沙 434100)

朱陆忠

(地质矿产部东北石油地质局, 吉林长春 130062)

徐言岗

(地质矿产部石油地质综合大队, 湖北荆沙 434100)

松辽盆地属断-坳叠置型盆地。断陷成藏体系受断陷的分割性和沉陷强度控制, 源岩以Ⅲ型、Ⅰ_B型为主, 热演化程度较高, 油气形成早, 以天然气为主。油气主要以断裂为通道作垂向运移, 但 T₃, T₂ 界面侧向运移的调节、补充作用不能忽视。同生圈闭、早期构造圈闭、多期复合型圈闭是捕集油气的有利圈闭。由于圈闭规模小、源岩分散, 后期构造改造较强, 断陷成藏效率较低。坳陷盆地具有统一性和稳定性, 源岩分布稳定、面积大, 主要为Ⅰ, Ⅱ_A型干酪根, 整体演化程度较低, 油气形成晚, 以石油为主, 伴生气次之。油气主要以 T₁, T₂ 界面和储层的侧向运移为主导, 叠置在古隆起、古斜坡之上的各类圈闭是最有利的圈闭, 成藏效率高。

关键词 松辽盆地 断陷 坳陷 分割性 统一性 成藏效率

第一作者简介 陈孔全 男 34岁 高级工程师 石油地质与有机地球化学

松辽盆地属断-坳叠置型盆地。断、坳陷之间, 不同断陷之间构造面貌不同, 盆地冲填形式不同, 物质基础不同, 油气生成、运移、聚集条件不同, 油气成藏条件、成藏规律、油气类型、资源前景也不同。

表1 松辽盆地南部断陷沉陷强度分类表

名称	类型	最大沉降 幅度/m	暗色泥岩 厚度/m	强度
十屋	箕状断陷	7 500	2 400	深陷型
伏龙泉	箕状断陷	5 000	1 000	深陷型
乾安	复式断陷	3 900	1 400	中陷型
长岭	复式断陷	3 500	1 200	中陷型
德惠	复式断陷	2 900	1 000	中陷型
社里	箕状断陷	2 700	800	浅陷型
哈拉海	复式断陷	2 500	800	浅陷型
柳条	复式断陷	2 500	800	浅陷型
孤店	箕状断陷	1 760	600	浅陷型

1 盆地的构造特征

1.1 断陷的构造特征

断陷是在晚侏罗世火山岩基础上发育起来的分割性断陷盆地群, 早期分散, 晚期逐步统一。松辽盆地南部地区(简称松南地区), 以分割性断陷为主^[1]。

不同断陷的沉陷强度不同, 形成油气的物质基础就不同。我们将松南地区断陷盆地分为深陷型、中陷型、浅陷型3类(表1)。

* 国家科技攻关项目(85-102-09)成果, 参加研究的还有程日恒、黄福林等

收稿日期: 1995-10-27 改回日期: 1996-02-25

1.2 坳陷盆地构造特征

1.2.1 坳陷盆地的统一性

松辽盆地进入晚白垩世以后,形成大型内陆湖盆系统,沉积中心与沉降中心相吻合,早期位于乾安一带,晚期向西北略有迁移。湖盆以乾安次凹为中心,以中央坳陷区为主体,向西部斜坡、西南隆起、东南隆起逐步抬升。纵向上,存在泉头组-青山口组-姚家组,姚家组-嫩江组水进层序,形成两套生、储空间配置。

1.2.2 坳陷盆地的稳定性

晚白垩世,松南地区地层分布稳定,厚度由沉降中心至盆缘逐渐变小;沉积相分布稳定,并且相带较宽;源岩分布稳定,由沉积中心向盆缘逐渐减弱。

2 盆地沉积-充填特征

2.1 断陷盆地沉积充填特征

断陷盆地的沉积-充填特征表现出沉积相、岩性在纵、横向上变化大,相带窄等共同特征。总体上呈冲积扇、三角洲、滨浅湖、半深湖、深湖、扇三角洲、水下扇、浊积扇等沉积相组合,受同生断层控制,沉积充填不平衡,形成陡岸体系、缓坡系。

2.1.1 沉积充填特征

2.1.1.1 深陷型——十屋断陷

深陷阶段(沙河子组沉积时期),断陷作用强,盆地强烈沉陷,形成了扇三角洲、三角洲、湖泊沉积组合。由于沉降速度大于沉积速度,在盆地沉降-沉积中心,形成较大规模欠补偿的深湖相沉积。

2.1.1.2 中陷型——德惠、长岭等断陷

深陷阶段,沉降速度略大于沉积速度,出现半深湖相沉积,发育的程度依次为乾安、长岭、德惠断陷。

2.1.1.3 浅陷型——柳条、社里等断陷

深陷阶段断陷强度较弱,沉降速度与沉积速率大致平衡,出现浅湖相沉积(浅水湖盆),发育程度依次为社里、柳条、孤店断陷。

2.1.2 生、储、盖组合特征

断陷的生、储、盖组合以自生自储、下生上储组合为主,其特征是出现穿层现象。

主力烃源岩为沙河子组,次要烃源岩为营城组、火石岭组。总体上讲,暗色泥岩质不纯,多为碳质泥岩,颜色以褐色、灰色为主。

纵向上存在两类储层:一是火石岭组至登娄库组储层,为与断陷湖泊沉积体系有关的砂体,如三角洲、扇三角洲、浊积扇、滨岸等砂体,以及与基岩、火山岩有关的储层;二是泉头组储层,为与河道沉积有关的砂体,如点砂坝、心滩、边滩、决口扇等。断陷储层总体表现为砂体小,成分、结构成熟度低,纵、横向上变化大,物性变化大。

区域性盖层为青山口组,其封盖能力在中央坳陷区很强,向东南隆起区变弱。沙河子组、营城组湖相泥岩,既是烃源岩,又是新生古储、自生自储组合的盖层,其封盖能力较强;登二段、泉二段、泉四段发育厚度几十米至上百米,分布局限的泥质岩,有一定的封盖能力,为重要的间接盖层。

2.2 坳陷盆地沉积充填特征

坳陷盆地具有统一的沉积、沉降中心, 沉积范围大, 沉积相、岩性分布稳定, 变化小, 相带宽, 呈同心状分布^[2]。以深湖相、半深湖相、滨浅湖相、三角洲相组合为主, 早期出现冲积扇、河流沉积组合。

坳陷盆地经历了第 1 次水进、第 2 次水进、萎缩 3 个阶段, 形成粗→细→粗→细→粗的沉积旋回。早期为泉头组冲积扇、河流体系的粗碎屑和青山口组大型湖泊细碎屑充填; 中期为姚家组的三角洲、滨浅湖相粗碎屑沉积和嫩江组大型湖泊细碎屑充填; 晚期为四方台组、明水组滨、浅湖相, 冲积扇, 三角洲粗碎屑充填。

坳陷盆地的烃源层上、下紧临储层, 没有出现油气穿层现象。

主力烃源层为青山口组、嫩江组, 二者特征、分布一致, 泥质纯, 以黑色泥岩为主, 都集中在中央坳陷区, 不同的是嫩江组源岩分布范围更广一些。

储层以青山口组二、三段, 姚家组, 嫩江组三~五段大型三角洲沉积体系各类砂体为主, 滨岸砂体次之, 具有砂体大、成分、结构成熟度高, 砂体分布稳定, 物性好, 变化小等特征, 主要可分为英台、坪德、保康 3 个沉积体系。其次为泉头组三、四段的河道砂体。

区域盖层为嫩江组、青山口组泥质岩, 分布广, 封盖性好, 次要盖层为四方台组浅湖相泥岩。

3 烃源岩特征

3.1 断陷型烃源岩特征

断陷型源岩有机碳含量普遍较高, 沥青 A、总烃含量变化较大^[3]。

深陷型的十屋断陷, 暗色泥岩在松南各断陷中最发育, 最大厚度达 2 400 m, 呈现有机碳含量中等, 沥青“A”、总烃、转化率高的特征。

中陷型的乾安、长岭、哈拉海、德惠等断陷属复式断陷, 面积大、源岩分布广、沉降幅度较大, 沙河子组、营城组暗色泥岩超千米, 占该组总厚的 40%~50%, 呈现有机碳高、沥青“A”低、总烃低的特征。

浅陷型的柳条、社里、孤店等断陷, 暗色泥岩不发育, 厚度小于 800 m, 占该组总厚的 20%~40%, 呈现有机碳低、沥青“A”低、总烃含量低的特征。

源岩以Ⅲ型、Ⅰ_B型为主, 仅少数深陷型断陷内出现了Ⅰ_A型干酪根。

十屋断陷以Ⅲ型为主, 断陷中心的沙河子组中上部出现Ⅰ-Ⅰ_A型^[3]; 德惠断陷以Ⅲ, Ⅰ_B型为主; 柳条断陷以Ⅲ型干酪根为主。

断陷盆地总的来说以天然气资源为主, 特别是煤型气, 但在部分沉降幅度大的断陷中, 存在一定量石油和油型气资源, 如十屋、乾安、伏龙泉、长岭、哈拉海等断陷。

3.2 坳陷型烃源岩特征

坳陷型源岩发育与断陷型盆地完全不同, 暗色泥岩分布广、泥质纯, 单层厚度虽然较薄, 但横向变化不大。青山口组一段, 嫩江组一、二段是坳陷盆地的主力烃源岩, 丰度高、分布稳定。青山口组一段暗色泥岩最厚约 120 m, 占该组厚度的 70%以上, 有机碳含量高, 沥青“A”含量高, 总烃含量高, 转化率也很高^[2]。嫩江组一、二段暗色泥岩厚约 250 m, 由沉积中心向盆地边缘逐渐减薄, 暗色泥岩分布稳定, 范围比青山组大得多, 具有有机碳含量高, 沥青“A”浓度高, 总烃浓度高的三高特征^[2]。青山口组一段, 嫩江组一、二段以Ⅰ型干酪根为

主, 少量Ⅰ_A型干酪根。青山口组一段以Ⅰ、Ⅱ类有机相为主体; 嫩江组一、二段以Ⅰ类有机相为主, Ⅱ类有机相次之。

坳陷盆地以石油资源为主, 伴生气次之, 不存在煤型气, 其油气资源巨大, 断陷盆地无法比拟。

4 油气生成历史

断陷型源岩与坳陷型源岩演化历程不同, 油气生成史不同, 主要表现在: 前者演化历程复杂、平面上演化不均一, 总体演化程度高, 油气形成期早; 后者演化历程相对简单, 平面上变化不大, 整体演化程度较低, 油气生成晚。

4.1 断陷盆地油气演化

4.1.1 东南隆起区2段式演化历程

东南隆起区嫩江期末经历了抬升、剥蚀过程, 剥蚀厚度400~1200 m, 埋藏史呈2段式结构, 油气生成作用在嫩江期末以前进行, 以后停止或减弱。根据断陷沉降幅度与登娄库组分布, 可进一步分为十屋型、德惠型。

十屋型的晚侏罗—早白垩世地层巨厚, 登娄库组厚度大, 源岩演化程度高^[3], 已进入成熟阶段, 深坳部位的沙河子组大约在营城期末进入生油阶段, 登娄库期末至青山口期处于湿气阶段, 姚家期至嫩江期末处于干气阶段, 在SN17井一带, 登娄库期末至嫩江期末则为主要的生油时期。

德惠型晚侏罗—早白垩世地层厚度较大, 但缺乏登娄库组, 烃源岩整体处于低熟—成熟阶段, 演化程度较十屋断陷低, 目前所发现的天然气以低熟—成熟煤型气为主, 形成时期为泉头期至嫩江期(图1a)。

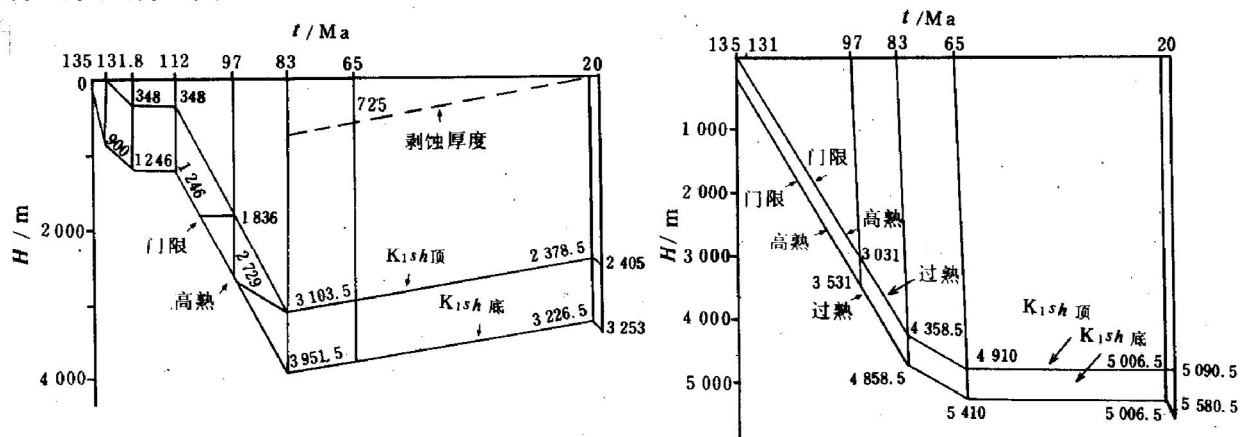


图1 断陷盆地源岩演化

a—德惠断陷; b—长岭断陷

4.1.2 中央坳陷区1段式演化历程

乾安、长岭断陷源岩的热演化具两大特征: 其一, 从沙河子组沉积至现在, 源岩的热演化是持续的; 其二, 沙河子组、营城组源岩目前所处的演化程度比东南隆起区高得多, 主体处于过成熟状态, 现阶段生油气过程基本结束。

整体而言, 沙河子组及营城组源岩的主要生油期在营城期至登娄库末期, 而主要的生气时期应在泉头组至明水组沉积时期(图1b)。

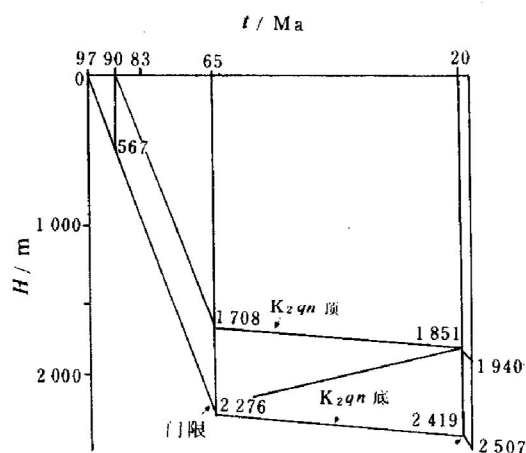


图2 坳陷盆地源岩演化

4.2 坳陷型源岩的演化

坳陷型源岩, 主要分布在中央坳陷区, 主体受嫩江期末、明水期末构造活动的影响小, 在中央隆起、西部斜坡有抬升、剥蚀的影响。与断陷型源岩相比, 源岩整体演化程度较低, 呈1段式(图2), 青山口组源岩明水期末进入生油阶段, 主要生油期为新第三纪至今; 嫩江组整体处于未熟阶段, 仅深洼部位进入生油阶段, 油气生成时期更晚。

5 油气运移条件

5.1 断陷成藏体系的油气运移

断层的垂向输导作用, 对断陷深源浅储型(跨越型)油气藏的形成起了重要作用(穿层系富集成藏), 为油气在纵向上多层系富集, 形成杨大城子、农安、小城子、四家子气层起了决定性作用。

不整合面侧向输导, 作为垂向运、聚作用的补充, 使油气富集在平面上达一定范围, 使纵向上多层次的含油气层系在空间上得以展开。

储层的侧、垂向输导作用因断陷成藏体系砂体的分散而较差, 仅十屋断陷北部陡坡带有规模较大、叠置性较好的三角洲砂体, 其侧向输导作用较好。

控制油气运移的构造背景、地质条件决定了断陷盆地以垂向运、聚作用为主, 侧向运、聚距离很小^[3]。垂向运、聚作用对勘探的意义在于: ①深源浅找; ②以断陷范围之内的圈闭为主要勘探目标。

T_3 , T_4 界面是断陷垂向运、聚作用重要的调节和补充^[3], 杨大城子稠油藏是十屋断陷深凹油气较长距离侧向运、聚作用的结果, 对勘探的意义在于: (1) 不能固定看待断陷的运、聚方式; (2) 长岭地区油气勘探思路要放开, 要重视斜坡带、古隆起带和断阶带; (3) 没有侧向运聚作用的补充, 断陷天然气藏将更单调, 聚集效率更低。储层碎屑岩有机包裹体均一温度表明, 断陷盆地的天然气运、聚作用主要发生在嫩江期末^[4]。

5.2 坳陷成藏体系的油气运移

与断陷成藏体系相比, 坳陷成藏体系中垂向输导作用较弱, 以储层的侧向输导和 T_1 , T_2 界面的侧向运、聚作用为主导。

由于存在良好的储、盖双层结构——泉四段-青一段, 姚家组-嫩一段; 存在良好的区域性单斜——华字井阶地、大安阶地; 存在古隆起——扶余-新立隆起、大情字井-老英台隆起, 因此, 油气以侧向运、聚作用为主, 没有出现穿层富集成藏现象。

坳陷盆地油气运、聚作用主要发生在明水期末, 以晚期成藏为特征。油气运移发生时间相对集中、量大, 油气聚集效率高。

6 圈闭特征

6.1 断陷成藏体系的圈闭

登娄库组、泉头组内同沉积构造, 在十屋、伏龙泉、长岭、乾安地区与早期油气生、运、聚过程相匹配, 有捕获早期石油、伴生气的能力, 也有捕获中晚期高过熟气的能力。

登娄库期末形成的构造圈闭尽管数量有限、圈闭空间小,但与油气生、运、聚时期匹配,是有利的捕油气构造;嫩江期末形成的构造圈闭与晚期天然气生、运、聚时期相匹配,有捕集晚期高熟、高-过熟气的能力。

营城期末、登娄库期末形成的构造圈闭数量少,圈闭能力小,捕集油气的能力弱;嫩江期末形成的圈闭数量多,单个圈闭体积大,对天然气成藏上规模、上档次有利,但与天然气主要生、运、聚时期不匹配。多期复合型圈闭是在早期同沉积圈闭或营城期末、登娄库期末形成构造圈闭的基础上,由嫩江期末构造运动叠加改造而成的圈闭,既有早期捕获油气或持续捕获油气的条件,也有晚期形成较大型气田的能力,因而成为极为重要的含气构造,如四五家子、农安构造。

6.2 坳陷成藏体系的圈闭

坳陷成藏体系以晚期成藏为特征,油气生、运、聚时期由明水组沉积时期延续到现在,嫩江期末、明水期末及以后多期构造活动形成的圈闭与之在时间上匹配,圈闭的控油条件仅取决于圈闭与烃源的空间配置。构造-岩性型油成藏仍是主要的油气藏类型,但古隆起、斜坡背景上形成的生长构造亦很重要。

7 小结

(1) 断陷的引张伸展导致盆地下降幅度大,油气生成时间早,演化程度高,以天然气为主,构成东南隆起区2段式演化和中央坳陷区1段式演化模式。正断层为主体的构造格局,构成断层垂向运移为主导,不整合面为补充的输导网络,形成跨越型、多层系油气富集,但也正是这种分割性使成藏规模受到限制。

(2) 坳陷的挤压收缩导致盆地下降幅度不大,演化程度低,油气生成时间晚,以石油为主,伴生气为辅,构成1段式的演化模式。坳陷的统一性导致垂向输导作用较弱,以储层侧向输导和以 T_1 , T_2 为界面的侧向运移为主体,形成以古隆起和古斜坡为背景的油气藏。

(3) 断陷向坳陷的转化,构成不同属性构造盆地的叠加。多期形变的结果,形成油气藏的复杂格局,构成不同类型、不同层系油气藏的叠加和空间分布组合,为形成复式油气聚集带创造条件。

参 考 文 献

- 1 李思田. 断陷盆地分析与聚煤规律. 北京:地质出版社, 1988. 1~198
- 2 吉林油田. 中国石油地质志(卷二). 北京:石油工业出版社, 1993. 43~297
- 3 陈孔全, 徐言岗, 唐黎明等. 松辽盆地十屋断陷油气成藏条件. 石油与天然气地质, 1995, 16(4): 337~342
- 4 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

HYDROCARBON POOL-FORMING CONDITION OF FAULT-DEPRESSED BASIN IN SOUTH SONGLIAO REGION

Chen Kongquan

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

Zhu Luzhong

(Northeast Bureau of Petroleum Geology, MGMR, Changchun, Jilin)

Xu Yangang

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

Abstract

Songliao Basin is a superposed basin composed of fault-subsidence and depression. The pool forming system of the fault-subsidence was controlled by faulting and subsiding intensity. The source rocks of the basin are mainly type-Ⅲ and type-Ⅱ_B of high thermal evolution. Hydrocarbon generation took place quite early and most of the hydrocarbon is natural gas. Hydrocarbon migrated vertically through faults and fractures associating with lateral migration along T₃, T₄ interfaces. Traps such as contemporaneous, early stage structural and multi-stage composite traps are favourable for trapping oil and gas. Since the traps are small, source rock are dispersive and posttectonic reworking was intensive, the pool-forming efficiency is quite low. As for the depressed basin, its source rock distribution is stable and extensive, the kerogens are primarily type-Ⅰ and type-Ⅱ_A, and on the whole, the evolution degree of organic matter is lower. Hydrocarbon, mainly oil associated with gas, generated late in the depressed basin. Oil and gas in the basin migrated laterally along T₁, T₂ interfaces and reservoirs. Various kinds of traps superposed on paleo-uplifts and paleo-slopes are more favourable to form oil and gas pools.