

文章编号: 0253-9985(2011)03-0411-09

松辽盆地泉头组三、四段河流相储层岩性油藏 控制因素及分布规律

张 顺, 崔坤宁, 张晨晨, 金明玉

(中国石油 大庆油田公司 勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712)

摘要: 依据大量钻井、测井、地震及实验室分析资料, 应用陆相层序地层学、沉积地质学及油气成藏理论, 通过成藏条件研究认识到, 松辽盆地扶杨油层为河流相低孔、低渗储层, 上覆的白垩系青山口组一段湖相泥岩既是烃源岩又是区域性盖层, 因此具有上生下储式成藏特征。油-源对比表明, 油气垂直下排最大距离可达 550 m, 平均约 300 m。明水组沉积末期, 盆地反转应力场产生了大量断穿烃源岩及扶杨油层的断层并在源岩及储层内产生大量裂缝, 同时源岩进入生烃高峰期, 于是在构造应力及生烃超压作用下油气沿断层及裂缝下排到扶杨油层而成藏。因此, 明水组沉积末期成为油气成藏的主要时期。曲流河点砂坝具有较好的物性, 是油气的主要储集体。受浅水湖泊形成的泥岩盖层影响, 形成了两套含油层系, 油藏主要发育在近油源的扶余油层, 盆地范围内具有统一的油-水界面。青山口组一段高成熟烃源岩控制了油藏主要分布在中央拗陷区, 较低的砂地比决定了扶杨油层以发育岩性油藏为主。

关键词: 扶杨油层; 砂地比; 上生下储; 河流相储层; 岩性油藏; 泉头组; 松辽盆地

中图分类号: TE122.3 **文献标识码:** A

Controlling factors and distribution patterns of lithologic pools in the fluvial facies of the 3rd and 4th members of the Quantou Formation in the Songliao Basin

Zhang Shun, Cui Kunning, Zhang Chenchen and Jin Mingyu

(Exploration & Development Research Institute, PetroChina Daqing Oilfield Company, Daqing Heilongjiang 163712, China)

Abstract Based on data from drilling, logging, seismic and lab, we make a study of the Fuyang oilbearing interval in Songliao Basin by using theories of continental sequence stratigraphy, sedimentary geology and hydrocarbon accumulation. The Fuyang oilbearing interval in Songliao Basin is a low-porosity and low-permeability reservoir of fluvial facies. The overlapping mudstone of lacustrine facies in the 1st member of the Cretaceous Qingshankou Formation is both source rock and regional seal and therefore hydrocarbons generated in the upper source rocks migrated downward and accumulated in the lower reservoirs. Oil source correlation shows that average distance of downward vertical migration of hydrocarbons is 300 m with the longest distance of 500 m. At the end of the Mingshui Formation deposition, stress field inversion resulted in various faults cutting through source rocks and the Fuyang oilbearing interval and many fractures inside the source rocks and reservoirs. At the same time, source rocks reached the peak of hydrocarbon generation. Driven by tectonic stress and overpressure due to hydrocarbon generation, the hydrocarbons migrated downward along the faults and fractures and accumulated in the Fuyang oilbearing interval. Hence the major period for hydrocarbon accumulation is the late period of the Mingshui Formation deposition. With favorable reservoir quality, meandering river point bars are major reservoirs for oil and gas. The existence of mudstone seals of shallow lacustrine facies leads to the formation of two sets of oilbearing intervals. Oil pools mainly developed in the Fuyang oilbearing interval which was close to the oil source and have a uniform oil-water contact in the basin. High mature source rocks in the 1st member of the

收稿日期: 2010-05-04 修订日期: 2011-05-03

第一作者简介: 张顺 (1963—), 男, 博士、高级工程师, 勘探地质。

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 (“973”计划) 项目 (2006CB701403)。

Qingshankou Formation determine that oil pools are mainly distributed in the central depression zone. Relatively low net-to-gross ratio leads to the predominance of lithologic oil pools in the Fuyang oil-bearing interval.

Key words Fuyang oil-bearing interval; net-to-gross ratio; upper source rock-lower reservoir combination; fluvial facies reservoir; lithologic oil pool; Quantou Formation; Songliao Basin

随着含油气盆地勘探的不断发展,复杂岩性油气藏已经成为主要的勘探目标^[1-5]。松辽盆地扶余及杨大城子油层(扶杨油层),属于低孔、低渗、致密小型河道砂体形成的上生下储式岩性油藏。勘探初期的 20 年间,主要是围绕正向构造带找油,进展不大。近些年转变思路,以岩性油藏勘探为突破点,加强扶杨油层岩性油藏复杂地质条件及成藏规律的研究,认识到油气藏分布不仅受沉积相带砂体类型控制,同时还发现砂地比是控制油藏类型的重要因素。认识的进步给勘探带来了重大突破。对扶杨油层岩性油藏成藏条件及分布特征的分析 and 总结,对于其他盆地河流相储层岩性油藏勘探具有一定的指导意义。

1 扶杨油层地质特征

1.1 盆地概况

松辽盆地位于黑龙江、吉林、辽宁三省境内,属中、新生代形成的大型陆相拗陷盆地^[1-2],盆地面积约 $26 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。基底为古生代变质岩、火山岩和岩浆岩,沉积盖层主要为中生代白垩系,侏罗系和新生界保留较少,总厚度超过 $10\,000 \text{ m}$ ^[4-7]。按区域隆起和拗陷的发育特征,将盆地划分成 6 个一级构造单元、31 个二级构造单元(图 1)。盆地盖层根据演化阶段划分为断陷构造层、拗陷构造层和反转构造层 3 种类型。盆地含油气组合也具有对应的发育特征:断陷构造层发育深部含油组合;拗陷构造层发育下部、中部及上部含油气组合;反转构造层发育浅部含油气组合。扶杨油层位于泉头组三、四段,属于拗陷构造层下部含油组合^[8-13]。

1.2 地层与沉积特征

松辽盆地白垩系泉(泉头组)三、四段地层最大厚度 600 m,总体呈现边缘薄、中间厚的趋势。泉头组三段地层最大厚度超过 500 m,在中央拗陷区平均厚度为 400 m,齐家-古龙凹陷厚度达到 550 m。泉头组四段地层北部薄、南部厚,最大厚

度 100 m,主要分布在齐家-古龙凹陷及长岭凹陷。通过对地震、钻井及岩性的层序地层学分析,认识到泉头组三、四段由下至上整体表现为沉积基准面上升的旋回特征^[12-14],可进一步划分出 8 个准层序,其中泉头组三段 5 个、泉头组四段 3 个(图 2)。泉头组三、四段主要为河流相沉积,总体发育 6 套水系。其中,北部的讷河水系、拜泉水系及南部的长春水系、通榆水系为大型主体水系,控制着盆地沉积作用(图 3)。这 4 条水系在三肇凹陷交汇,在哈尔滨地区向东流出盆地,交汇点由早期泉三段的齐家-古龙凹陷向东迁移至三肇凹陷及朝阳沟阶地。西部的齐齐哈尔水系及白城水系河流规模较小、流经距离短,只对西部沉积具有一定影响。泉头组三、四段主要发育冲积扇、辫状河、曲流河、浅水三角洲及浅水湖泊 5 种沉积相类型,其中以曲流河和浅水三角洲沉积相最为发育,主要砂体类型为河道砂体。中央拗陷区内泉三段为曲流河点砂坝,泉四段为浅水三角洲平原分流河道及浅水三角洲前缘小型河口坝和滩坝沉积砂体^[15]。平面上冲积扇相分布于盆地西北部边缘,辫状河相分布于盆地北部与西部,曲流河及浅水三角洲依次向盆地内部推进、分布面积较大,湖泊相则主要分布于泉四段的齐家-古龙凹陷和三肇凹陷。泉三段沉积时期,在河流相沉积环境下发育零星小型浅水湖泊,以紫红色、暗紫色泥岩为主,中部有薄层暗色泥灰岩发育,但分布范围仅限于中央拗陷区内部,且连片较差。泉四段沉积时期,湖泊面积逐渐增大,在沉积末期形成统一的浅水湖泊水体,中央拗陷区出现大段灰绿色泥岩,上部出现湖相暗色泥岩及介形虫层。因此,泉四段浅水三角洲与湖泊相沉积较泉三段明显发育。泉三、四段盆地边缘发育的辫状河向盆内汇集,依次演化成曲流河、网状河、浅水三角洲及浅水湖泊^[16-19]。

1.3 储层物性及岩石学特征

泉头组三、四段储层均以岩屑长石砂岩和长石岩屑砂岩为主,岩石粒度整体偏细,除盆地边缘有少量粗碎屑沉积外,中央拗陷区内以泥岩-粉砂

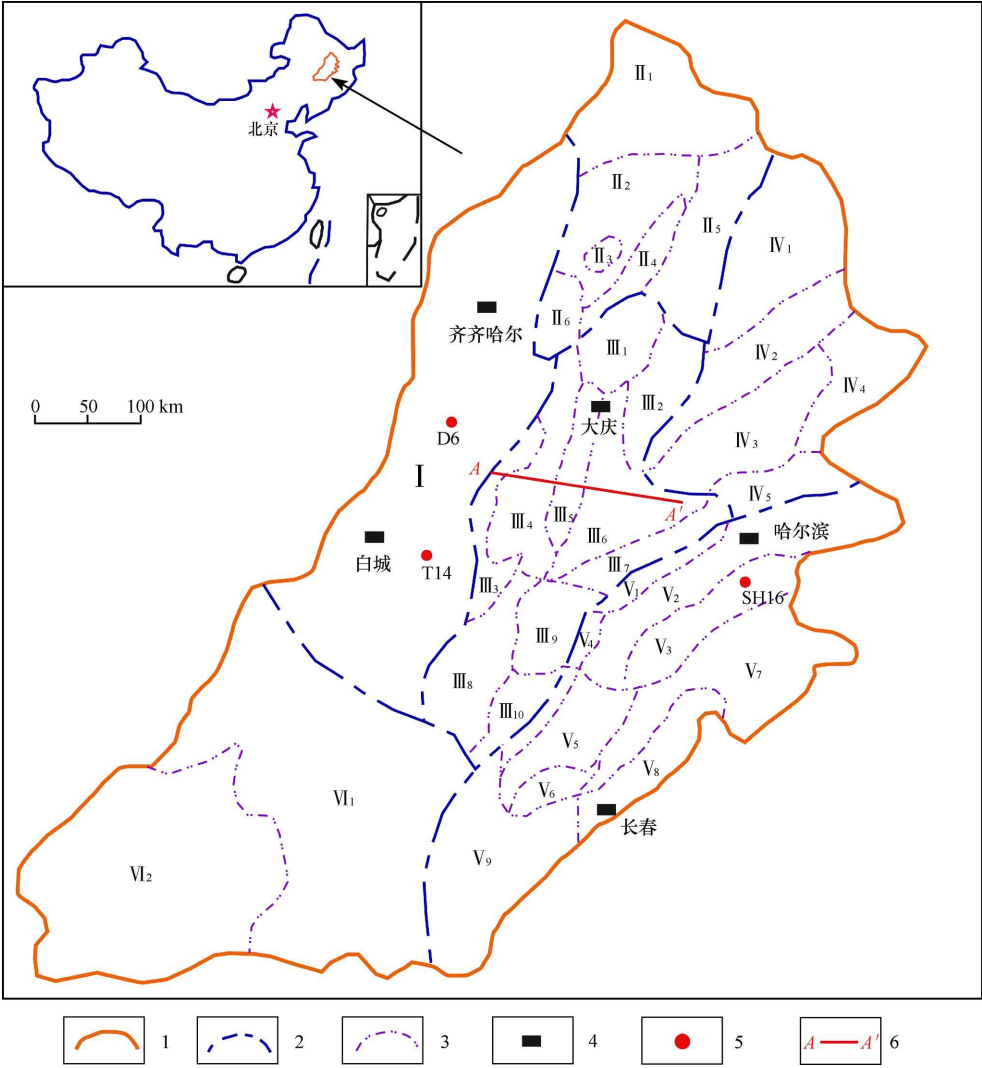


图 1 松辽盆地构造单元区划图

Fig. 1 Structural units of Songliao Basin

1. 盆地边界; 2. 一级构造单元; 3. 二级构造单元; 4. 城市; 5. 井位; 6. 油藏剖面

I. 西部斜坡; II. 北部倾没区: II₁. 嫩江阶地, II₂. 依安凹陷, II₃. 三兴背斜, II₄. 克山依龙背斜带, II₅. 乾元背斜带, II₆. 乌裕尔凹陷; III. 中央凹陷区: III₁. 黑鱼泡凹陷, III₂. 明水阶地, III₃. 龙虎泡-红岗阶地, III₄. 齐家-古龙凹陷, III₅. 大庆长垣, III₆. 三肇凹陷, III₇. 朝阳沟阶地, III₈. 长岭凹陷, III₉. 扶余隆起, III₁₀. 双坨子阶地; IV. 东北隆起区: IV₁. 海伦隆起, IV₂. 绥棱背斜, IV₃. 绥化凹陷, IV₄. 庆安隆起, IV₅. 呼兰隆起; V. 东南隆起区: V₁. 长春岭背斜带, V₂. 滨县-王府凹陷, V₃. 青山口隆起, V₄. 登娄库背斜带, V₅. 钓鱼台隆起带, V₆. 杨大城子背斜带, V₇. 榆树-德惠凹陷, V₈. 九台阶地, V₉. 德惠-梨树凹陷; VI. 西南隆起区: VI₁. 伽玛吐隆起, VI₂. 开鲁凹陷

质泥岩-粉砂岩-细砂岩为主。砂岩渗透率平均为 $2.30 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 孔隙度平均为 11.8%。其中, 河道砂体物性最好, 渗透率平均为 $8.72 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 孔隙度平均为 14.3%; 其次是浅水三角洲的河口坝砂体, 渗透率平均为 $3.41 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 孔隙度平均为 12.5%。统计表明, 河道砂体占工业油层数的 68%, 决口扇砂体占 1%。因此, 沉积相及砂岩类型是决定储层物性及油气成藏的物质基础。埋藏

深度是储层物性的另一重要控制因素。在中央坳陷区埋深平均大于 1 700 m; 齐家-古龙凹陷埋深大于 2 400 m 的区域砂岩平均孔隙度小于 8%; 地史上最大埋藏深度超过 3 000 m。成岩作用达到了中成岩作用晚期, 孔隙半径以微细喉和细喉为主, 导致储层物性普遍较低, 形成低孔、低渗储层。因此, 储层物性主要受沉积相和埋深两种因素控制, 同时也对扶杨油层油气成藏及单井产能产生重要的影响。

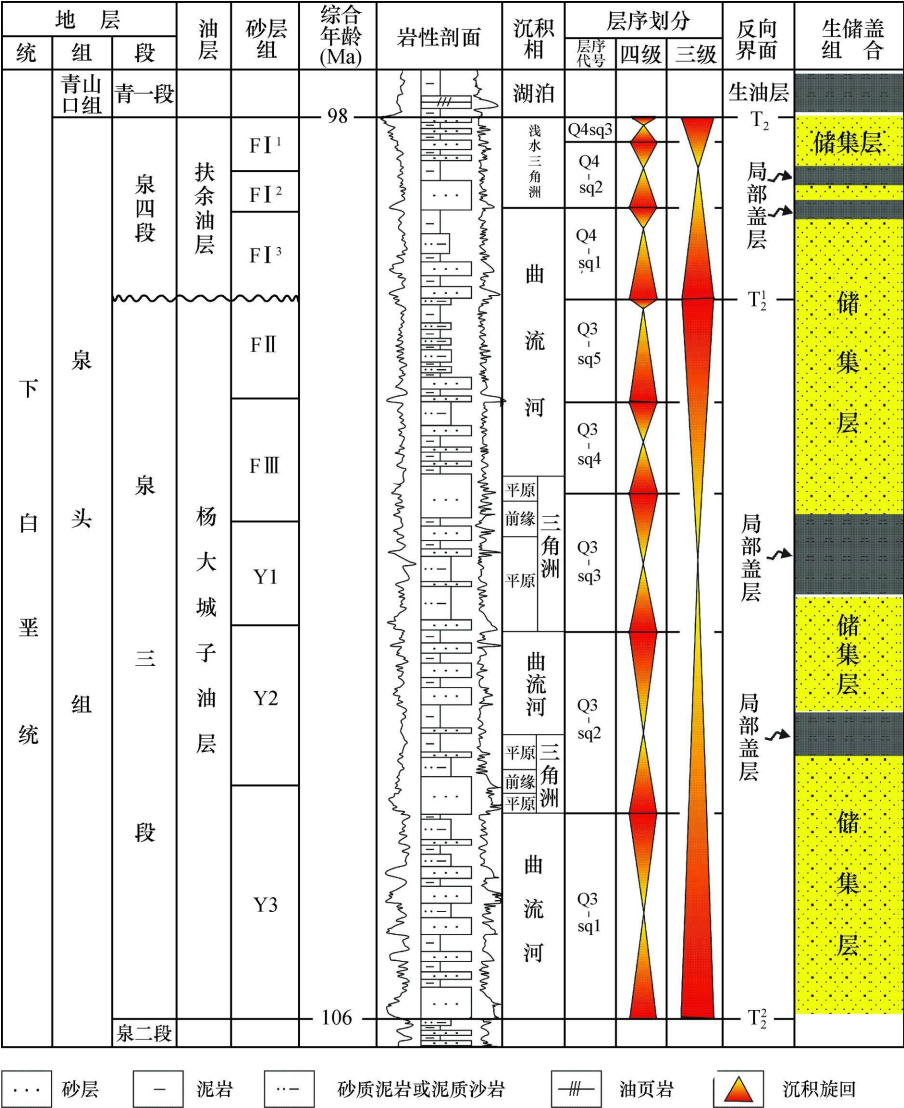


图 2 松辽盆地白垩系泉头组三、四段地层综合柱状图

Fig. 2 Stratigraphic column in the 3rd and 4th members of the Cretaceous Quantou Formation in Songliao Basin

2 油-源对比

松辽盆地白垩系青山口组一段是盆地第一次湖泛期沉积的富含有机质的深湖-半深湖相泥岩地层^[11-13],在中央拗陷区埋藏深度大部分超过 1 500 m,特别是在三肇凹陷埋藏深度大部分超过 1 700 m,在齐家-古龙凹陷埋藏深度超过 2 000 m,表明烃源岩大部分已经进入生烃门限。埋藏最深处成熟度 R_o (镜质体反射率) 最高值达到 1.5%,进入生烃高峰期;只是在安达地区 R_o 值略小于 0.6% (表 1; 图 4)。因此,青山口组一段是盆地的主要烃源岩层。油-源对比表明,扶

杨油层的原油来自上覆的青山口组一段。目前扶杨油层发现的油气聚集区主要分布在 R_o 值大于 0.6% 的范围内,而青山口组一段巨厚的泥岩直接覆盖在扶杨油层上成为良好的区域性盖层,形成上生下储式成藏组合。生烃演化史研究表明,青山口组一段烃源岩在嫩江组沉积末期进入生烃门限,在明水组沉积末期达到生烃高峰。应用全盆地 300 多口探井的声波时差资料作青山口组一段泥岩超压分析,结果表明烃源岩达到生烃高峰时产生的异常高压在中央拗陷区超过 10 MPa。由于上覆泥岩的封闭作用,异常高压使生成的油向下运移进入下伏的扶杨油层,之后在储层中受后期构造应力作用进行二次运移。

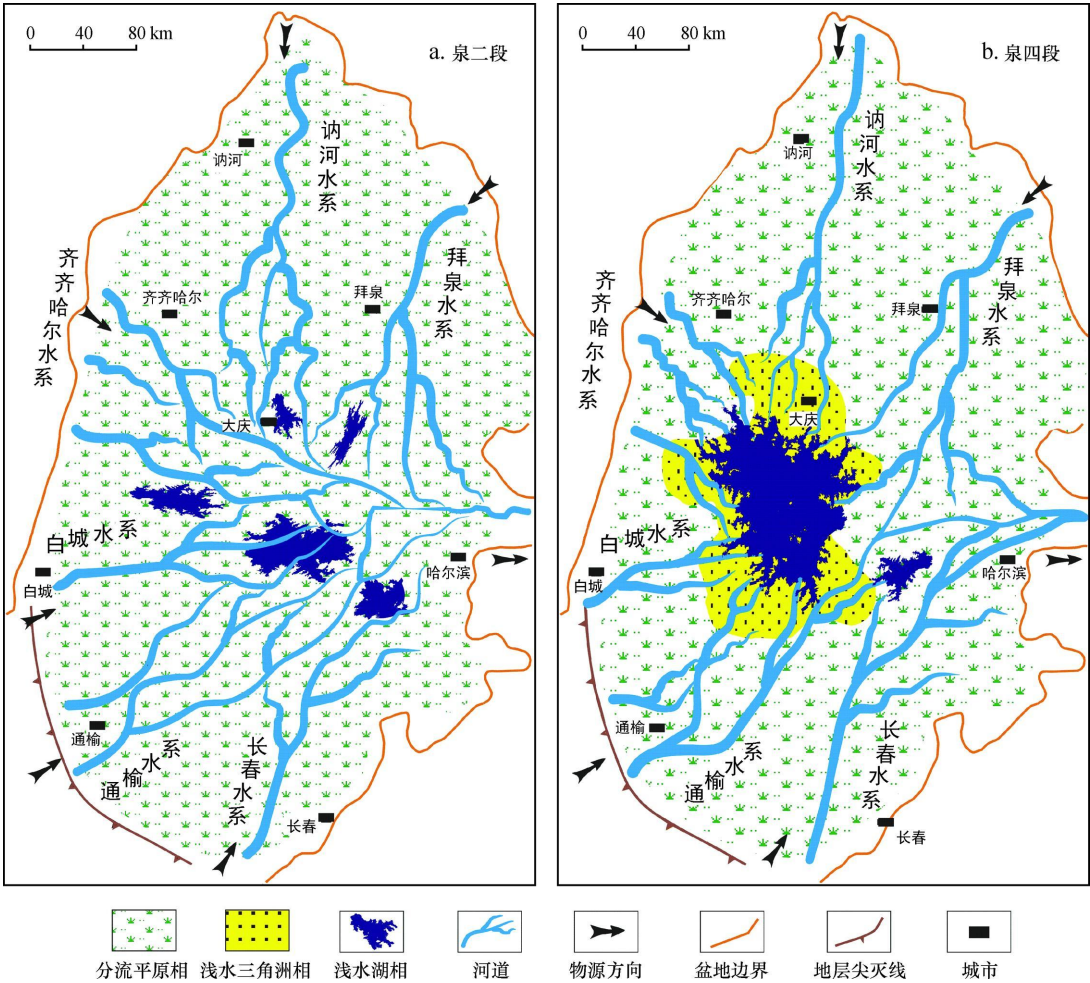


图 3 松辽盆地白垩系泉头组三、四段沉积相

Fig. 3 Sedimentary facies in the 3rd and 4th members of the Cretaceous Quantou Formation in Songliao Basin

表 1 松辽盆地北部白垩系青山口组一段烃源岩分区带评价

Table 1 Evaluation of source rocks in the 1st member of the Cretaceous Qingshankou Formation, northern Songliao Basin

区带	TOC, %	$S_1 /$ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	$S_2 /$ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	I_{H}	氯仿“ A ” 含量, %	R_{o} , %	H /C	O /C	评价 结果
北部 倾没	0.23~ 2.33 0.99(17)	0.01~ 0.12 0.06(7)	0.03~ 6.95 2.53(9)	13~ 315 143(9)	0.001~ 0.082 0.019(15)	0.56~ 0.61 0.59(2)	1.14~ 1.38 1.29(6)	0.06~ 0.14 0.08(6)	丰度一般, 低成熟
东北 隆起	0.16~ 9.64 4.12(101)	0.07~ 2.25 0.42(47)	5.58~ 88.11 25.13(47)	316~ 1 025 316(47)	0.038~ 0.661 0.178(13)	0.25~ 0.57 0.45(9)	1.35~ 1.58 1.44(7)	0.04~ 0.33 0.16(7)	丰度高, 低成熟
齐家 古龙	0.86~ 7.36 2.05(189)	0.02~ 5.26 1.60(113)	0.33~ 10.65 4.08(113)	15~ 411 204(113)	0.087~ 1.149 0.449(52)	0.51~ 2.02 1.19(33)	0.62~ 1.29 0.88(26)	0.05~ 0.12 0.08(26)	好生 油岩
大庆 长垣	0.73~ 8.68 3.55(76)	0~ 4.45 1.05(31)	0.16~ 61.84 20.45(31)	6~ 1 180 615(31)	0.078~ 0.853 0.426(24)	0.58~ 0.68 0.64(9)	1.31~ 1.60 1.43(4)	0.02~ 0.37 0.15(4)	好生 油岩
三肇 凹陷	0.11~ 7.92 2.97(122)	0~ 7.21 2.30(104)	0.01~ 61.32 16.55(104)	2~ 903 462(104)	0.004~ 5.440 0.693(73)	0.47~ 1.26 0.91(53)	0.96~ 1.78 1.20(14)	0.03~ 0.12 0.06(14)	好生 油岩
西部 斜坡	0.15~ 4.03 2.18(33)	0~ 1.11 0.29(24)	0.26~ 39.32 12.01(24)	23~ 975 469(24)	0.0004~ 0.388 0.123(20)	0.56~ 0.70 0.64(9)	1.04~ 1.56 1.37(9)	0.10~ 0.21 0.15(9)	丰度高, 低成熟
东南 隆起	0.12~ 6.47 3.13(82)	0~ 6.80 2.18(59)	0.04~ 38.55 17.99(59)	32~ 852 531(59)	0.014~ 1.241 0.549(44)	0.41~ 0.87 0.60(72)	1.02~ 1.66 1.33(16)	0.04~ 0.10 0.07(16)	丰度高, 低成熟

注: 表中数据为最小值~最大值
平均值(样品数)。

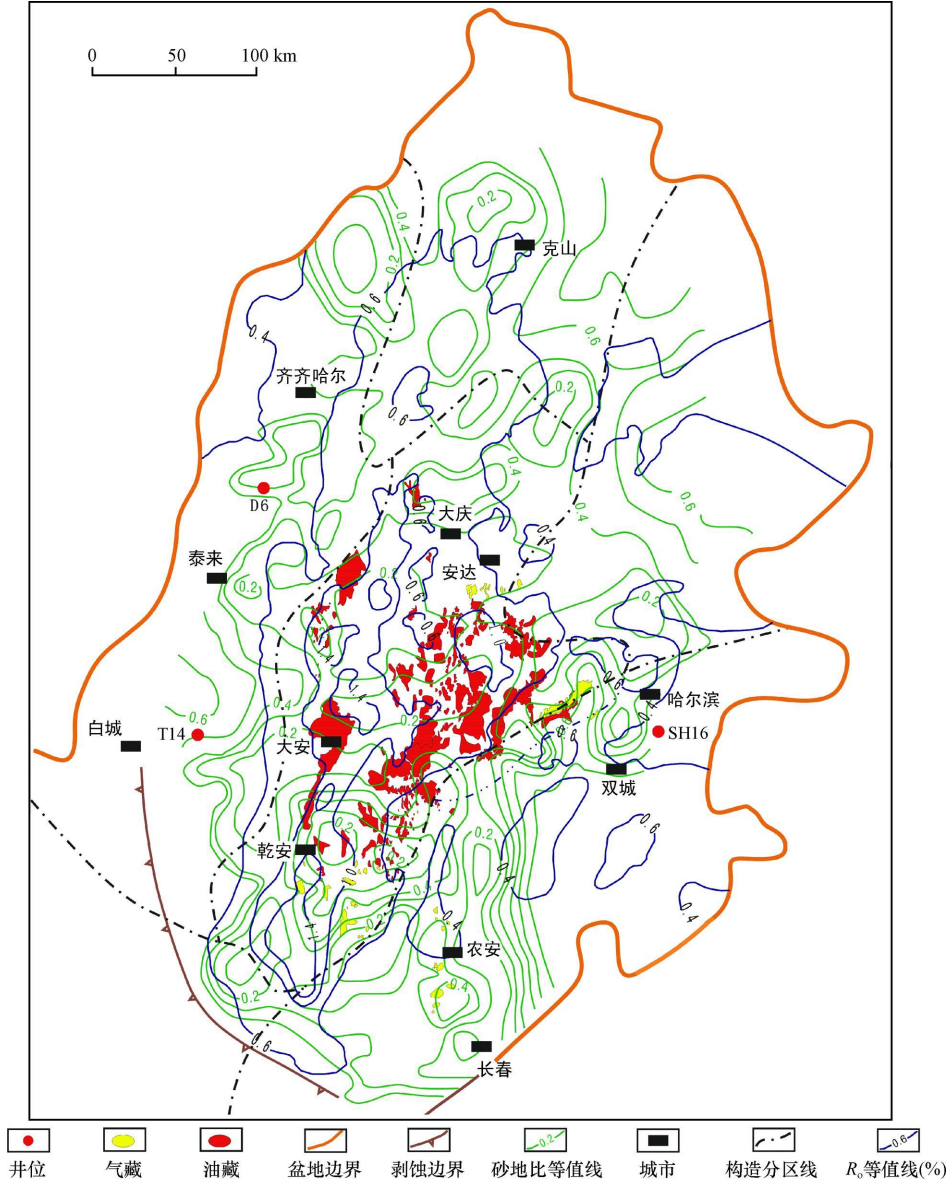


图 4 松辽盆地白垩系泉四段砂地比与油藏及 R_o 叠合图

Fig. 4 Overlapping map showing net to gross ratio, oil pool and R_o in the 4th member of the Cretaceous Qianfeng Formation in Songliao Basin

3 砂体分布特征及圈闭类型

泉头组三段砂岩总体呈北薄、南厚的特点,在西南部及大庆地区砂岩厚度达到 150 m,在肇东地区砂岩厚度不超过 80 m,在北部及西部砂岩厚度最薄只有 30 m。泉头组四段砂体厚度在 20~60 m,南部较厚在 40~60 m,北部在 20~40 m,总体具有条带状向齐家-古龙凹陷和三肇凹陷汇聚的特点,砂岩的累积厚度向中央拗陷区增大。砂

地比反映了单位地层厚度中砂体的富集程度,它反映砂体的连通性。砂地比值高,说明砂体发育,不仅单层砂体厚度大,砂体之间连通的几率也大。因此,砂地比与砂体连通性成正相关。研究表明,当砂地比大于 50%时很难形成岩性圈闭,砂地比在 35%~50%时以岩性-构造复合圈闭为主,砂地比在 20%~35%时以构造-岩性复合圈闭为主,砂地比小于 20%时主要发育岩性圈闭^[12]。泉头组三段由于工业性油藏较少,钻遇的井点不多,难形成整体认识。钻遇泉头组四段的井在盆地范

围内分布较广, 统计表明砂地比一般在 15% ~ 35%, 小于 20% 的面积约占 90%; 在中央拗陷区之外盆地边缘砂地比一般高于 45% (图 4), 砂体整体上连片发育, 纵向上下部砂地比较高, 中、上部由于沉积基准面升高, 使浅水三角洲的面积扩大, 砂地比由 30% 减小到 15%。虽然发育着大庆长垣大型构造圈闭, 以及 T₂ 界面发育着众多的断层^[11], 但由于砂体规模较小, 特别是在中央拗陷区砂地比较低, 一般小于 20%, 砂体之间泥岩分割程度高, 因此从圈闭类型上以发育透镜体岩性圈闭为主。

4 成藏条件

4.1 高成熟烃源岩控制油气藏的分布

青山口组一段富含有机质的深湖-半深湖相泥岩以中央拗陷区为中心呈环带状分布, 泥岩厚度为 40~110 m, 平均为 80 m, 大部分处于成熟阶段, 镜质体反射率一般在 0.8%~1.2%。齐家-古龙凹陷成熟度最高, R_o 值超过 1.5%; 三肇凹陷 R_o 值大部分处在 0.6%~1.0% 范围内。油-源对比表明, 扶杨油层原油来自上覆的青一段生油岩, 目前扶杨油层发现的油气聚集区主要分布在 R_o 值大于 0.6% 的范围内。因此, 青一段湖相泥岩对下伏的扶杨油层油气成藏具有宏观控制作用; 同时, 巨厚的泥岩直接覆盖在储层上, 成为良好的区域性盖层。

4.2 构造应力及断裂和裂缝是油气运移的主要动力和通道

扶杨油层属于大面积、上生下储式成藏组合, 储层具有低孔、低渗、致密的特点, 前人在其成因上做了很多研究工作^[20-21]。构造运动形成的动态压力及流体势差, 是油气大规模区域运移的主要动力。同时, 强大的构造应力使岩石格架发生变化, 产生微裂缝, 形成流体通道; 尤其是烃源岩生烃产生的超压, 导致源岩破裂, 油气便在超压作用下向储层进行初次运移。研究发现, 松辽盆地构造回返期在 T₂ 界面形成了众多断穿青一段烃源岩及下伏扶杨油层的断层, 因此油气即可在超压作用下沿着断裂及构造裂隙向储层作垂向运移, 同时在区域应力场的作用下沿着储层向低势区作侧向二次运移, 并在圈闭中聚集成藏^[22]。利用 32 个储层

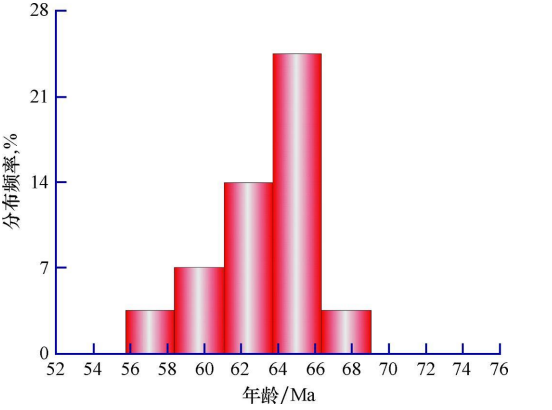


图 5 松辽盆地扶杨油层 K-Ar 同位素年龄直方图
Fig. 5 Histogram of K-Ar isotopic age in the Fuyang oil-bearing interval of Songliao Basin

粘土矿物 K-Ar 同位素年龄分析数据制作了直方图 (图 5)。分析表明, 大庆长垣扶杨油层成藏期在 56~69 Ma 主峰在 65 Ma 时期。这与烃源岩生烃期及构造返转期是一致的, 说明构造应力及其产生的断裂和裂隙是油气运移的动力及通道。

4.3 较低的砂地比及储层物性决定了扶扬油层以发育岩性油藏为主

中央拗陷区扶杨油层属于浅水三角洲及浅水湖泊相沉积, 泥质含量高, 砂体联通性差, 导致砂地比较低, 砂地比小于 20% 的面积约占 90%, 油藏主要分布在这一区域内; 在盆地周边地区砂体厚、规模大, 整体上连片发育, 砂地比一般高于 50%。纵向上, 扶杨油层下部由于大面积发育辫状河及曲流河沉积, 砂地比较高, 一般大于 60%; 中部由于沉积基准面升高, 使浅水三角洲的面积逐渐扩大, 砂地比由 40% 逐渐下降到 20%; 到了上部, 砂地比减小到 15%。而油藏主要发育在中、上部砂地比小于 20% 的范围内。因此, 扶杨油层以发育岩性油藏为主。同时, 由于扶杨油层埋藏较深, 在中央拗陷区平均大于 1 700 m, 地史上最大埋藏深度达到 3 000 m, 导致储层物性普遍较低, 平均孔隙度为 12%, 渗透率一般小于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 形成低孔、低渗储层。因此, 砂地比及成岩作用控制了扶杨油层油藏的岩性圈闭及低渗透特点。

5 油气藏分布特征

扶杨油层以发育油藏为主, 气藏零星分布在

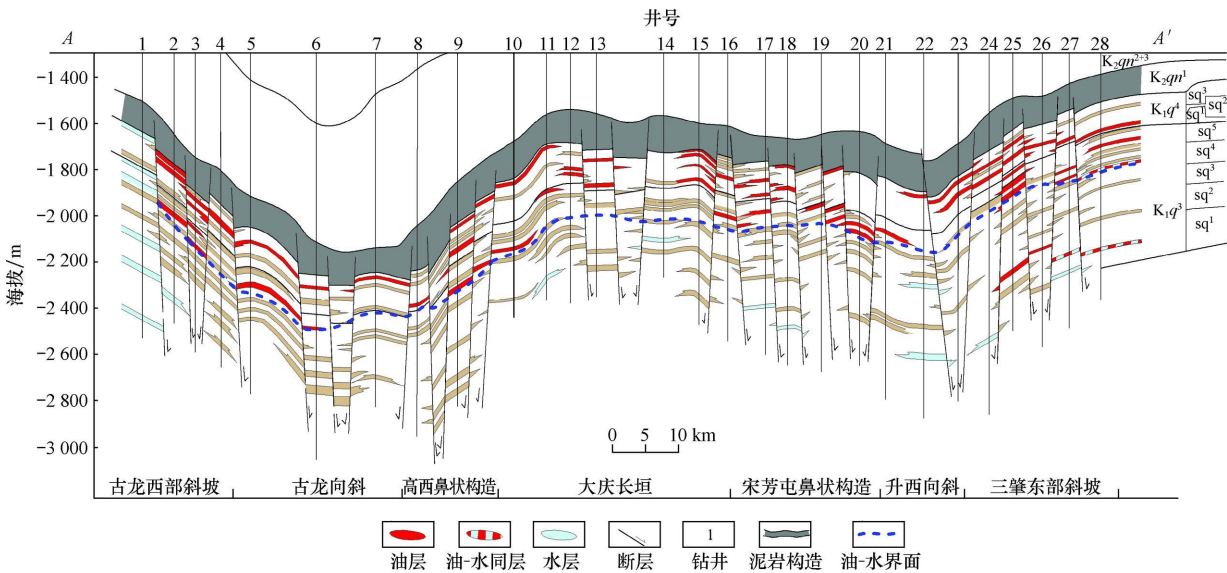


图 6 松辽盆地扶杨油层东西向油藏剖面 (剖面位置见图 1)

Fig 6 E-W profile of the Fuyang oilbearing interval of Songliao Basin(see Fig 1 for profile location)

乾安、大安、安达及长春岭背斜,是深部营城组及沙河子组煤系地层生成的天然气沿断裂向上运移而形成的气藏,属于下生上储式成藏组合。油藏以青山口组一段湖相泥岩为烃源岩和盖层,属于上生下储式成藏组合。平面上,油藏受青一段成熟烃源岩的控制,主要分布在中央拗陷区;并且由于砂地比一般小于 20%,砂体呈窄小条带状,连通性较差,岩性圈闭发育,油气不能发生大规模横向运移。所以,以垂向运移形成的透镜体岩性油藏为主。目前,松辽盆地扶杨油层已探明石油储量的 98%分布在中央拗陷区,盆地边缘目前还没有见到工业性油藏,只有零星的油气显示,如 D6 T14, SH 16井 (图 1,图 4)。

纵向上,杨大城子油层由于距青山口组一段油源较远,成藏条件较上部的扶余油层差 (图 6),在三肇凹陷北部只有少部分井发现了差油层及油-水同层,如图 6 的 25、26、27、28 号井,油气沿断裂下排距离达到 550 m。扶余油层与青一段烃源岩直接接触,油气可下排至储层就近选择有利圈闭成藏,具有优先捕获油气的有利条件,因此油藏集中发育在该储层中,油藏呈现下油上水的特征,具有统一的油-水界面,该界面距离上覆青山口组一段烃源岩底界一般为 300 m。在杨大城子油层与扶余油层之间,发育一个由浅水三角洲形成的泥岩夹层,主要分布在中央拗陷区内,生油能力较差,厚度一般为 20~30 m。

该泥岩层既可阻止油气向下运移、使杨大城子油层成藏较差,又是良好的盖层、使穿越到下部的油气聚集成藏。因此,该层泥岩成为了扶杨油层的分隔层,使其成为两套含油层系,但均属于上生下储式含油组合。在扶杨油层内部,均发育 1~2 个由浅水湖泊形成的泥岩夹层,这些泥岩层分布局限,对局部油气成藏起遮挡作用 (图 2)。

6 结论

- 1) 松辽盆地扶杨油层属于河流相沉积环境,由下至上整体表现为沉积基准面 上升的旋回特征。油气主要来自上覆青山口组一段成熟烃源岩,形成上生下储式成藏组合。
- 2) 油气藏主要发育在近烃源岩的扶余油层。曲流河点砂坝具有较好的物性,是油气的主要储集体;较低的砂地比是岩性油藏发育的主要控制因素;高成熟烃源岩控制了油气藏主要发育在中央拗陷区。
- 3) 构造应力及生烃超压是油气下排的主要动力;断层及裂缝是油气运移下排的通道。
- 4) 明水组沉积末期盆地反转应力场与生烃高峰期匹配使其成为油气成藏的主要时期。
- 5) 扶杨油层受浅水湖泊形成的泥岩夹层的影响形成两套含油层系。油藏具有上油下水的特

征,宏观上发育油-水界面,距生油岩平均约 300 m。该界面成为了勘探的经济界限。

参 考 文 献

[1] 高瑞祺,蔡希源. 松辽盆地油气田形成条件与分布规律 [M]. 北京:石油工业出版社,1997: 1- 5
Gao Ruiqi Cai Xiyuan The formation conditions and distribution regularities of the oil/gas field in Songliao Basin[M]. Beijing Petroleum Industry Press 1997: 1- 5

[2] 袁选俊,薛良清,池英柳,等. 拗陷型湖盆层序地层特征与隐蔽油气藏勘探——以松辽盆地为例 [J]. 石油学报, 2003 24(3): 11- 15.
Yuan Xuanjun Xue Liangqing Chi Yingliu, et al Sequence stratigraphic and subtle trap characteristics of lacustrine depression basin[J]. Acta Petrolei Sinica 2003 24(3): 11- 15.

[3] 牟雪梅,赵卫卫,查明. 东营凹陷胜坨地区岩性油气藏物理模拟 [J]. 石油与天然气地质, 2010 31(2): 219- 224, 231
Mu Xuemei Zhao Weiwei Zha Ming Physical simulation of lithologic reservoirs in the Shengtuo area of the Dongying Depression[J]. Oil & Gas Geology, 2010 31(2): 219- 224, 231

[4] Li Desheng Basic characteristics of oil and gas basins in China [J]. Journal of Southeast Asian Earth Sciences 1996 13(3- 5): 299- 304.

[5] 王竣,王东坡. 东北亚沉积盆地的形成演化及其含油气远景 [M]. 北京:地质出版社,1997 4- 66
Wang Jun Wang Dongpo The formation and evolution of sedimentary basin and its oil and gas perspective on northeast Asia [M]. Beijing Geological Publishing House, 1997 4- 66

[6] 迟元林,云金表,蒙启安. 松辽盆地深部结构及成盆动力学与油气运聚 [M]. 北京:石油工业出版社,2002 52- 126
Chi Yuanlin, Yun Jinbiao Meng Qian The deep formation and basin-forming dynamics and hydrocarbon migration in Songliao Basin[M]. Beijing Petroleum Industry Press 2002 52- 126

[7] 赵健. 松辽盆地西斜坡泥岩地层压实规律 [J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(4): 486- 492
Zhao Jian Laws of mudstone compaction on the west slope of the Songliao Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2010 31(4): 486- 492

[8] 高瑞祺. 松辽盆地白垩纪陆相沉积特征 [J]. 地质学报, 1980 54(1): 9- 26.
Gao Ruiqi The characteristics of continental sedimentation of Cretaceous of Songliao Basin[J]. Acta Geologica Sinica 1980, 54(1): 9- 26

[9] 王璞君,杜小弟,王竣,等. 松辽盆地白垩纪年代地层研究及地层时代 [J]. 地质学报, 1995 69(4): 25- 29
Wang Pu jun Du Xiaodi Wang Jun et al The chronostratigraphy and stratigraphic classification of the Cretaceous of the Songliao Basin[J]. Acta Geologica Sinica 1995 69(4): 25- 29.

[10] 林春明,冯志强,张顺,等. 松辽盆地北部白垩纪超层序特

征 [J]. 古地理学报, 2007, 9(6): 619- 134
Lin Chunming Feng Zhiqiang Zhang Shun et al Characteristics of the Cretaceous supersequences in northern Songliao Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2007 9(6): 619- 134

[11] 黄薇,张顺,梁江平,等. 松辽盆地沉积地层与成藏响应 [J]. 大庆石油地质与开发, 2009, 28(5): 18- 22
Huang Wei Zhang Shun, Liang Jiangping et al Sedimentary strata and hydrocarbon accumulation response of Songliao Basin [J]. Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing 2009 28(5): 18- 22

[12] Feng Z Q, Jia C Z, Xie X N, et al Tectonostratigraphic units and stratigraphic sequences of the nonmarine Songliao basin northeast China[J]. Basin Research 2010 22, 79- 95

[13] Feng Z Q, Zhang S, Cross T A, et al Lacustrine turbidite channels and fans in the Mesozoic Songliao Basin, China[J]. Basin Research 2010, 22 96- 107.

[14] 梁江平,辛仁臣,王树恒,等. 松辽盆地中部含油组层序地层格架及介形类特征的响应 [J]. 地层学杂志, 2005 29(4): 405- 410
Liang Jiangping Xin Renchen, Wang Shuheng et al Sequence stratigraphic framework and its response to cyclicity of middle oil-bearing beds of the Songliao Basin[J]. Journal of Stratigraphy, 2005 29(4): 405- 410

[15] 楼章华,谢鸿森,蔡希源,等. 松辽盆地扶杨油层 (K_1q^{3+4}) 沉积环境 [J]. 石油实验地质, 1997, 19(1): 71- 75
Lou Zhanghua Xie Hongsen Cai Xiyuan et al Sedimentary environments of Fuyang oil reservoir (K_1q^{3+4}) in Songliao Basin [J]. Experimental Petroleum Geology, 1997 19(1): 71- 75

[16] 杜小弟,王璞君,王东坡. 松辽盆地泉头组河流相沉积特征及古河流再造 [J]. 岩相古地理, 1991, 11(3): 15- 21
Du Xiaodi Wang Pu jun Wang Dongpo Sedimentary characteristics of the fluvial facies and palaeochannel reconstruction of the Quantou formation in the Songliao Basin[J]. Sedimentary Facies and Palaeogeography, 1991, 11(3): 15- 21

[17] 柳成志,辛仁臣,郝景波,等. 松辽盆地北部齐北地区杨大城子油层河流相沉积特征 [J]. 大庆石油学院学报, 1998 22(1): 68- 71
Liu Chengzhi Xin Renchen Hao Jingbo et al Sedimentary features of the stream facies of Yangdachengzi formation in Qibei area north Songliao Basin [J]. Journal of Daqing Petroleum Institute 1998, 22(1): 68- 71

[18] 胡学智,鲍志东,那末红,等. 松辽盆地南部扶余油田泉头组四段沉积相研究 [J]. 石油与天然气地质, 2008 29(3): 334- 341
Hu Xuezhi Bao Zhidong Na Weihong et al Sedimentary facies of the fourth member of the Quantou formation in Fuyou oilfield the south Songliao Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(3): 334- 341

[19] 李军,宋新民,薛培华,等. 扶余油田杨大城子组曲流河相

(下转第 429 页)

[17] Gasparrini M arta Bechstadt Thilo Boni M aria Massive hydrothermal dolomites in the southwestern cantabrian zone(spain) and their relation to the Late Variscan evolution[J]. Marine and Petroleum Geology 2006, 23 543– 568.

[18] Saller A rthur Petrologic and geochemical constraints on the origin of subsurface dolomite Enewetak Atoll an example of dolomitization by normal seawater[J]. Geology, 1984 12: 217– 220

[19] Veerle Vandeginstea Rudy Swennena Sarah G leeson et al Development of secondary porosity in the Fairholme carbonate complex (southwest Alberta Canada) [J]. Journal of Geochemical Exploration 2005 89(3): 394– 397

[20] Lavoie David ChiGuoqiang Hydrothermal dolomitization in the Lower Ordovician Romaine Formation of the Anticosti Basin significance for hydrocarbon exploration[J]. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 2005, 53 454– 472

[21] Tucker Maurice, Wright Paul Carbonate Sedimentology[M]. Blackwell Scientific, Oxford 1990 1– 50

[22] Aydin A tilla Small faults formed as deformation bands in sandstone[J]. Pure and Applied Geophysics 1978 116: 913– 930.

[23] Brahen Alvar T veranger Jan Fossen Haakon et al Fault facies and its application to sandstone reservoirs [J]. AAPG Bulletin, 2009, 93(7): 891– 917

[24] 林忠民. 塔河油田奥陶系碳酸盐岩储层特征及成藏条件 [J]. 石油学报, 2002, 23(3): 23– 26.
Lin Zhongmin. Carbonate rock reservoir features and oil-gas accumulating conditions in the Ordovician of Tahe oilfield in northern Tarim Basin[J]. Acta Petrolei Sinica 2002 23(3): 23– 26

[25] 叶德胜, 王根长, 林忠民, 等. 塔里木盆地北部寒武-奥陶系碳酸盐岩储层特征及油气前景 [M]. 成都: 四川大学出版社, 2000 88– 102

Ye Desheng Wang Gengchang Lin Zhongmin et al Carbonate reservoir characteristics and hydrocarbon perspective of Cambrian-Ordovician period in northern part of Tarim Basin[M]. Chengdu: Sichuan University Press 2000 88– 102

[26] 叶德胜, 王恕一, 张希明, 等. 新疆塔里木盆地北部储层沉积、成岩特征及储层评价 [M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1995 78– 204

Ye Desheng Wang Suyi Zhang Xinling et al Reservoir sedimentation, diagenetic characteristics and reservoir assessment in the northern part of Tarim Basin, Xinjiang Autonomous Region[M]. Chengdu: Chengdu University of Science and Technology Press 1995: 78– 204.

[27] 何发岐, 朱起煌, 韩振华, 等. 裂缝碳酸盐岩勘探开发和盐下地震成像技术 [J]. 石油物探译丛, 2000 91– 200

He Faqi Zhu Qihuang Han Zhenghua et al Exploration and development of fracture carbonate and seismic imaging in subsalt[J]. Collection of Translation of Petroleum Geophysical Prospecting 2000: 91– 200.

[28] 邬光辉, 汪海, 陈志勇, 等. 塔里木盆地奥陶系碳酸盐岩复杂油气藏的特性 [J]. 石油与天然气地质, 2010 31(6): 763– 769

Wu Guanghui Wang Hai Chen Zhiyong et al Characteristics of the complex Ordovician carbon reservoirs in the Tarim Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2010 31(6): 763– 769

[29] 崔海峰, 张年春, 郑多明等. 塔里木盆地牙哈断裂构造带寒武系白云岩潜山储层预测 [J]. 石油与天然气地质, 2009 30(1): 116– 121

Cui Haifeng Zhang Nianchun, Zheng Duoming et al Prediction of dolomite reservoirs for the Cambrian buried hills in the Yaha fault structural belt the Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(1): 116– 121

(编辑 董 立)

(上接第 419 页)

油藏单砂体层次细分及成因 [J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(1): 119– 125

Li Jun Song Xinmin Xue Peihua et al Hierarchical subdivision and origin of single sandbody in the reservoirs of meandering river facies in the Yanglaochengzi formation of Fuyu oilfield[J]. Oil & Gas Geology 2010 31(1): 119– 125

[20] 侯贵廷, 冯大晨, 王文明, 等. 松辽盆地的反转构造作用及其对油气成藏的影响 [J]. 石油与天然气地质, 2004 25(1): 49– 47

Hou Guiting Feng Dachen Wang Weming et al Reverse structures and their impacts on hydrocarbon accumulation in Songliao Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2004 25(1): 49– 47.

[21] 邹才能, 陶士振, 古志东, 陆相拗陷盆地层序地层格架下岩性地层圈闭 油藏类型与分布规律——以松辽盆地白垩系泉头组—嫩江组为例 [J]. 地质科学, 2006 41(4): 711– 719.

Zou Caineng Tao Shizhen Gu Zhidong Types and distributions of lithostratigraphic traps/ reservoirs in sequence stratigraphic framework in continental depressional basin: an example from the Cretaceous in the Songliao Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2006, 41(4): 711– 719

[22] 华保钦. 构造应力场、地震泵和油气运移 [J]. 沉积学报, 1995 13(2): 77– 85.

Hua Baoqin Stress field seismic pumping and oil- gas migration[J]. Acta Sedimentologica Sinica 1995 13(2): 77– 85

(编辑 李 军)