

松辽盆地南部让字井斜坡带超压特征 及其对源下油藏运聚模式的控制

李 丹^{1,2}, 董春梅^{1,2}, 林承焰^{1,2}, 任丽华^{1,2}, 谭丽娟^{1,2}, 谢晶晶¹

(1. 中国石油大学地球科学与技术学院, 山东 青岛 266580;

2. 中国石油大学山东省油藏地质重点实验室, 山东青岛 266580)

摘要:对松辽盆地南部中央坳陷区让字井斜坡带青山口组超压分布特征进行分析,在此基础上开展超压对源下油藏运聚模式的控制研究。结果表明,超压段具有低地震速度、低密度、低电阻率和高声波时差的“三低一高”响应特征。纵向上单井压力结构呈“三层式”,不同二级构造带超压分布的深度范围不同,长岭凹陷为 1 700~2 300m,扶新隆起为 1 100~1 700m,华字井阶地为 1 300~1 800m,其分布具“层控”特征。应用等效深度法计算超压值多在 10~14MPa 之间,平面分布与构造埋深呈正相关关系。油源、超压与 T₂ 断层的耦合使超压运移成为可能,超压作用下油气理论向下排运距离为 272~510m,大于扶余油层厚度;超压与源下输电体的匹配导致 4 种运移模式的纵向演变。源下油藏油气显示厚度与青一段剩余压力呈正相关。研究区油气实际下排距离多在 100m 以内,远小于理论值,原因在于“优势泄压仓”的发育,其发育位置不同造成油气向下排运距离的差异。总体上源下扶余油层 II 砂组、III 砂组为超压作用下油气优势充注层段。

关键词:超压分布;运聚模式;源下油藏;优势泄压仓;青山口组;让字井斜坡带

中图分类号:TE122.1⁺2

文献标志码:A

文章编号:1672-1926(2014)03-0326-07

引用格式:Li Dan, Dong Chunmei, Lin Chengyan, *et al.* Characteristic of overpressure and its control on migration and accumulation model for hydrocarbon reservoirs below source rocks in Rangzijing slope zone of southern Songliao Basin[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2014, 25(3): 326-332. [李丹, 董春梅, 林承焰, 等. 松辽盆地南部让字井斜坡带超压特征及其对源下油藏运聚模式的控制[J]. *天然气地球科学*, 2014, 25(3): 326-332.]

0 引言

超压构成了盆地流体和油气运移的重要驱动力,超压体与油气富集具有密切关联^[1-12]。而超压“倒灌”成藏模式的提出,大大拓展了勘探领域^[13],前人^[14-23]对超压“倒灌”模式开展了大量研究,对于上生下储式成藏组合的勘探部署起到重要指导作用。目前对让字井斜坡带青山口组超压分布特征认识较薄弱,尤其是超压体与泄压通道、泄压仓的空间匹配关系对油气运聚模式的控制作用较少涉及。超压体一断裂一砂体的空间配置关系具有多样性,由

此导致超压流体幕式排运过程存在优先充注层段,即“优势泄压仓”。“优势泄压仓”的发育位置控制油气富集层位及超压流体向下排运的距离。本文在解剖青山口组超压分布特征的基础上,结合源下扶余油层油气分布特征,重点从超压与断裂、砂体的不同匹配样式角度,揭示超压对源下油藏运聚模式的控制。

1 地质背景

让字井斜坡带位于松辽盆地南部中央坳陷区,地跨长岭凹陷、扶新隆起和华字井阶地 3 个二级构造单元;下白垩统扶余油层(即泉四段)与上白垩统

收稿日期:2013-05-17;修回日期:2013-06-16.

基金项目:国家科技重大专项(编号:2011ZX05009-003);中央高校基本科研业务费专项资金项目(编号:11CX06005A);吉林油田科研项目联合资助。

作者简介:李丹(1983-),男,河北晋州人,博士研究生,主要从事油气储层地质及油气成藏研究。E-mail:ld717@163.com.

青山口组均发育于盆地演化的拗陷阶段。扶余油层沉积期,研究区发育大型浅水三角洲分流河道沉积,地层厚度分布稳定,平均为 120m,分为 4 个砂组 13 个小层;随湖平面上升,青一段发育湖侵体系域黑色泥岩,是盆地内最好的生油岩和重要的区域性盖层,在研究区平均厚度为 85m,与下伏扶余油层构成“上泥下砂”的地层组合;由于此时期盆地沉降较快,事件性强烈伸展,形成了大量断开青山口组和扶余油层的 T_2 断层^[24]。随后沉积的青二段、青三段及嫩江组二段近千米厚的地层几乎为泥岩,封盖了青一段生成的油气向上排出^[21]。研究区以断层—岩性复合油藏及岩性油藏为主,油源对比表明,扶余油层的大部分油气来自上覆青一段烃源岩^[24],嫩江组末期和明水组末期发生 2 次构造运动,是扶余油层的主要成藏期。

2 超压分布特征

2.1 超压带响应特征

以让 53 井为例,纵向上单井压力结构呈“三层式”(图 1):1 750m 以上为常压带,随埋深增加,压力增大,井旁地震道层速度、岩层密度及电阻率有规律增加,而声波时差规律性减小;1 750~2 000m 为超压带,地震层速度出现拐点,声波时差、密度及电阻率曲线偏离正常压实趋势线,且四者出现拐点的位置相吻合,偏离最大值点在青一段内部 1 950m 附近,距超压

底界约 1/4 厚度处;2 000m 以下为泄压带,在扶余油层顶面附近四者又恢复正常压实趋势。即超压段具有低地震速度、低密度、低电阻和高声波时差的“三低一高”响应特征。其中,高声波时差是高孔隙流体压力的直接响应^[25],比密度等其他类型的响应特征更为可靠,为超压体的识别提供了较为准确的依据。本文选用声波时差测井资料,依据等效深度法^[11,13,16] [见式(1)],计算了 50 口井的超压值。

$$\rho = \rho_w g H + \rho_r g (H - H_e) \quad (1)$$

式中: ρ 为地层压力,Pa; ρ_w 为地层水密度, $\times 10^3 \text{ kg/m}^3$; g 为重力加速度, m/s^2 ; H 为埋深,m; ρ_r 为上覆岩层的平均密度, $\times 10^3 \text{ kg/m}^3$; H_e 为 H 点的等效深度,m。

2.2 超压带纵向分布特征

通过各井压力结构及连井剖面分析,发现研究区青山口组超压具有显著“层控”特征。超压顶界面总体上分布在青三段与青二段交界线附近,随着交界线的埋深逐渐变浅,超压顶界面相对于交界线出现轻微下移(图 2)。而超压底界面均出现在青一段与扶余油层(即泉四段)交界处,由于扶余油层砂体发育,巨大的泄压作用导致压力骤降。青山口组超压极值点均位于青一段内部。超压带在长岭凹陷出现的深度为 1 700~2 300m,在华字井阶地出现深度为 1 300~1 800m,在扶新隆起出现在 1 100~1 700m 处。超压带厚度多在 200~300m 之间,由长岭凹陷→扶新隆起→华字井阶地超压带厚度总体减小。

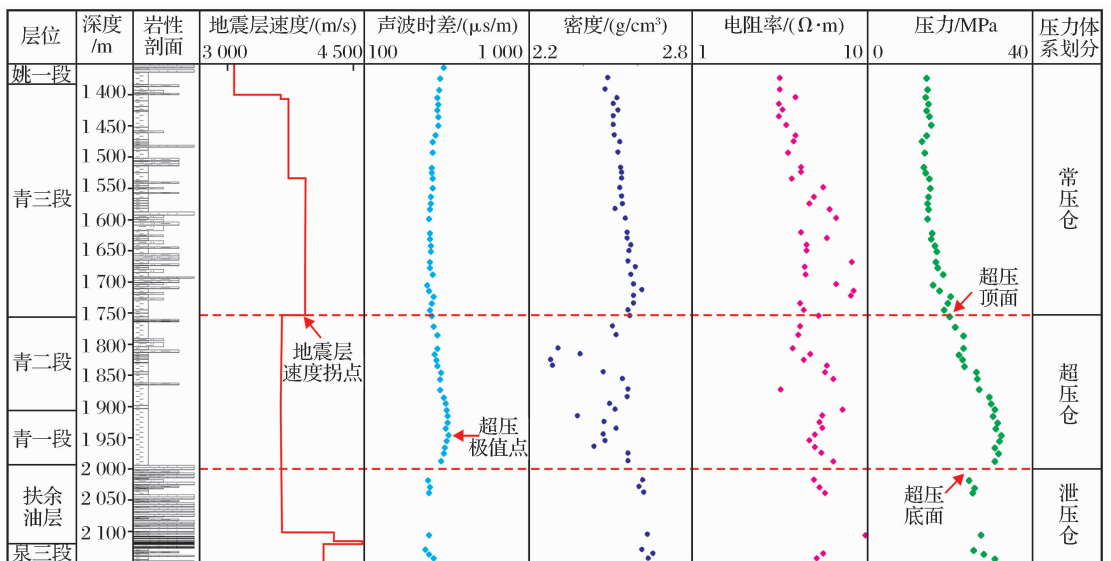


图 1 让 53 井超压响应特征及压力体系划分

Fig. 1 The responses characteristic of overpressure and classification of overpressure systems in the Rang53 well

2.3 超压带平面分布特征

剩余压力平面分布呈环带状(图 3),其值多在 10

~14MPa 之间,其中长岭凹陷、扶新隆起和华字井阶地超压值分布范围分别为 12.2~14.8MPa、9.8~

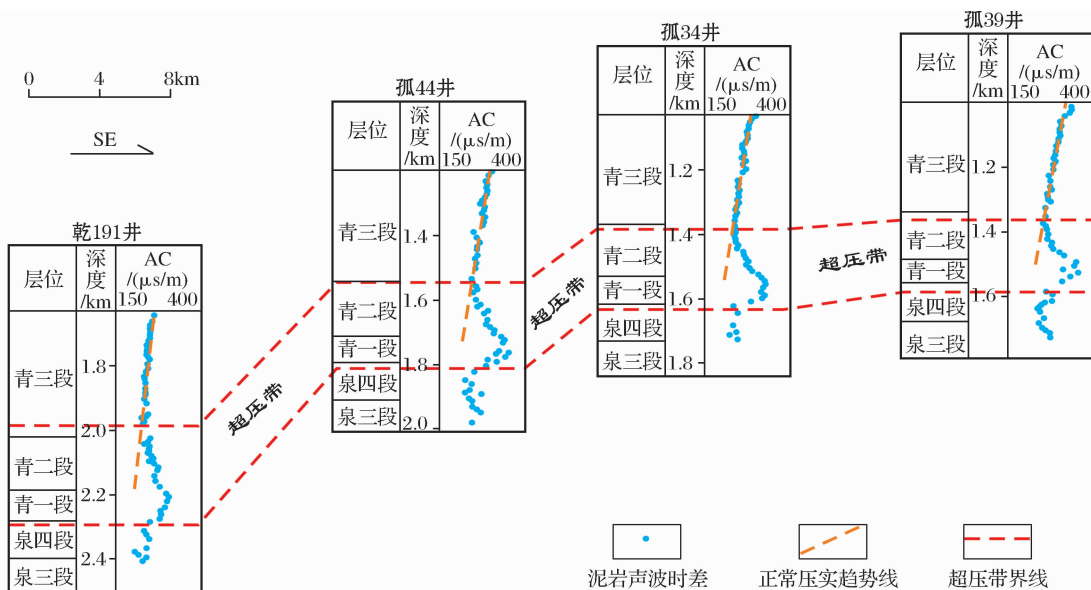


图2 让字井斜坡带青山口组超压带连井剖面

Fig. 2 The interwell profile of overpressure compartment for Qingshankou Formation in Rangzijing slope zone

积物组成及厚度相对稳定,剩余压力平面分布整体受控于青三段与青二段交界线的埋深变化。长岭凹陷、扶新隆起及华字井阶地平均压力系数分别为1.69、1.71和1.73,各二级构造带压力系数分布较均一。

3 超压对源下油藏运聚模式的控制

3.1 油源、超压与 T₂ 断层的耦合使超压运移成为可能

研究区青一段源岩层上覆的青二段地层厚度近150m,岩性以暗色泥岩为主,对封盖青一段源岩生成的油气起到重要作用。源岩层为以I型有机质为主的优质烃源岩。热演化史恢复表明^[20],该源岩自嫩江期末开始大量生烃,生油强度为(150~1000)×10⁴t/km²,明水期末达到最高峰,生油强度为(400~1600)×10⁴t/km²。根据地压史模拟^[20],青一段超压形成于嫩江期末,明水期末进入生烃高峰,超压达到高峰。研究区 T₂ 断裂密集带,最大密度达到6条/km²,走向主要为NNW,延伸长度多小于5km,断距一般在10~60m之间,倾角多小于50°,在剖面上多为地堑、“y”字型及断阶等组合方式。T₂ 断裂向上多消失于青一段、青二段泥岩中,向下断穿扶余油层,由于其上覆泥岩层的封盖导致向上排液通道不畅,活动期成为油气向下运移的通道。构造发育史表明^[23],在嫩江期末、明水期末构造运动影响下,大部分 T₂ 断层都曾复活开启。油源、超压与 T₂ 断层分别为油气运移提供物质、动力和通道,三者时空上的同步发展与有机匹配使得青一段大量生成的油气在

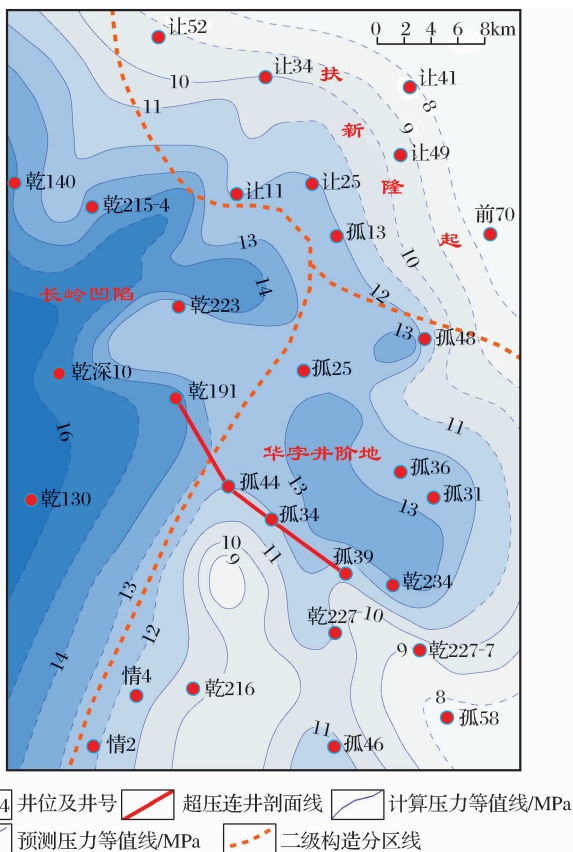


图3 让字井斜坡带青山口组一段剩余压力平面分布

Fig. 3 The distribution of overpressure for the first member of the Qingshankou Formation in Rangzijing slope zone

12.6MPa和8.8~13.8MPa,平均值分别为13.6MPa、11.0MPa和11.1MPa,由长岭凹陷向扶新隆起、华字井阶地,总体上其值随埋深变浅而减小,由于青山口组沉

超压驱动下,沿 T_2 断裂向下排泄、垂向运聚于下伏扶余油层。

3.2 超压与源下输导体系的匹配导致运移模式的纵向演变

根据压力封闭原理^[11,21],研究区油气理论上向下排运距离为 272~510m,而扶余油层平均厚度为 120m,表明超压流体可以运移到扶余油层的任何部位。源下砂岩紧邻上覆深湖、半深湖环境源岩层,近于湖侵期发育。随湖盆进一步扩张,相类型出现了由河流—三角洲平原向湖泊三角洲前缘的快速转变。由下向上,总体呈现砂体发育程度及物性随着距源岩层距离的减小而变差的特点。由各砂组砂体发育状况及物性来看(图 4),下部 III 砂组、IV 砂组主要由三角洲平原分流河道构成,砂体纵横向叠置性好,多为 2 期河道切叠,物性较好,加之断层的沟通^[19-22],其输导性较好;随基准面升高, I 砂组、II 砂组相类型向三角洲前缘过渡,砂体规模变小,纵横向叠置性变差,多发育单期河道,物性变差,输导性变差。

在超压、断裂及源下砂体匹配下,研究区 4 种油气运移模式在纵向上规律性演变(图 4):①直下式

运移,压力积聚导致超压体底面水力破裂,油气沿水力压裂缝直接进入邻近砂体,多作用于邻近青一段的 I 砂组砂体;②源储对接式运移,由于断距的存在导致青一段源岩与扶余油层侧向对接,油气直接进入储层,是扶余油层最高效的运移方式,多作用在断层下盘距扶余油层顶部 30~50m 的范围内,对应 I 砂组及 II 砂组上部;③沿断裂向下运移,在超压驱动下油气沿开启断裂向下运移,是研究区主导运移模式,理论上可作用于整个扶余油层;④沿“断—砂”输导体运移,在 III 砂组、IV 砂组叠置砂体发育部位,加之断层的沟通,组成“断—砂”输导体,油气在浮力驱动下沿其进行一定距离的运移。其中在 I 砂组,直下式、源储对接式及超压运移 3 种运移机制叠合作用,导致储层很高的含油率(图 4)。另外,统计了各小层的储层含油率(图 4),由下至上,随湖平面上升,源下砂体发育程度及物性总体变差,而储层含油率却近于线性递增,纵向含油率的变化与源储压差纵向演化具有趋同性,表明超压运移为研究区主导运移机制。同时,地球化学分析资料也表明研究区油气未发生大规模侧向运移^[24],以垂向运移为主。

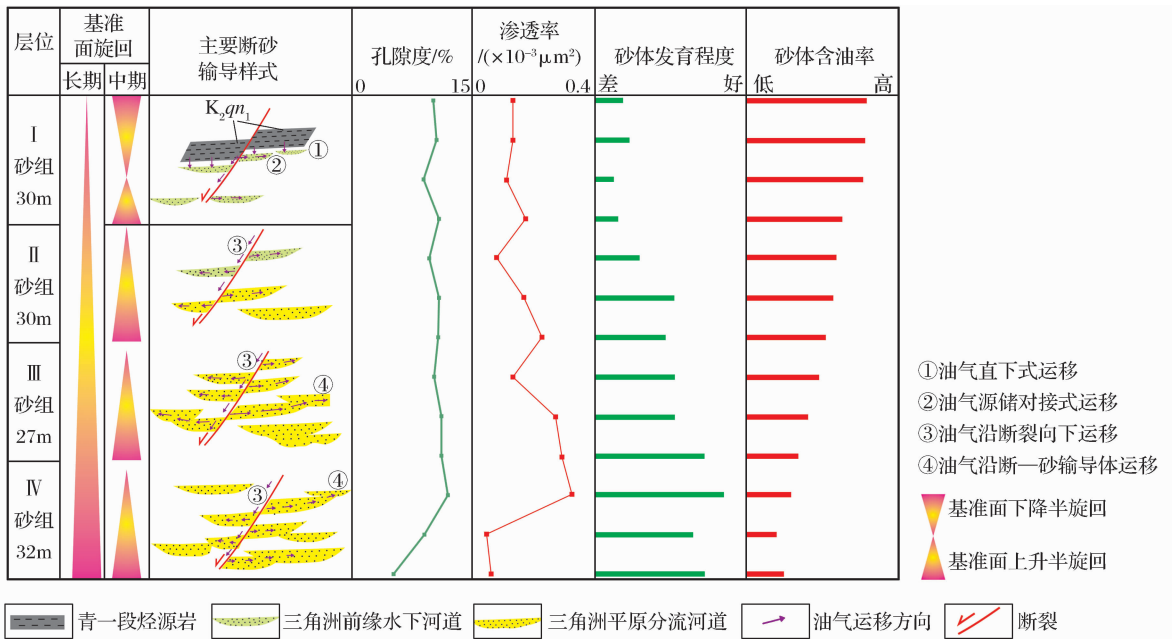


图 4 扶余油层输导体系纵向特征及含油性

Fig. 4 The vertical characteristic of migration pathways and petroliferous properties in Fuyu oil layer

3.3 超压—断裂—砂体的匹配对向下排运距离的控制

总体上,随超压值增大,油气向下排运距离增大(图 5),表明源储压差在油气运移过程中的主导作用。但其相关性不高:一是由于输导条件的复杂性

及遮挡条件的多变性,超压流体向下运聚的距离达不到理论值;二是在横向输导条件好的区域可能发生一定的侧向运移调整。

研究区超压驱动油气向下排运的实际距离多在 100m 以内(图 6),其中长岭凹陷、扶新隆起和华字

井阶地平均下排距离分别为 83m、93m 和 67m,远小于理论计算值。其中日产油 10t 以上的高产层大多位于扶余中部的 II 砂组、III 砂组,即成藏主要集中在扶余油层中部。其中在 I 砂组分布有少量高产井,由于 I 砂组(大约距离超压底面 30m 范围内)砂体规模小,产油总量不高,不是超压油气大量充注的层段。研究区超压驱动油气向下排运的实际距离远小于理论计算值,其原因主要在于研究区“断—砂”输导体匹配关系的多样性导致“优势泄压仓”的发育。本文将“优势泄压仓”定义为超压流体优先充注的部位,类似于“优势运移通道”的概念。在油源有限的条件下,只有“优势泄压仓”成为超压流体有效充注的部位。其发育状况取决于储集体自身的特征(规模、物理)、源储压差及通道条件 3 个方面,理论上讲,规模越大物性越好、发育位置越靠上、与流体源间的通道越畅通的储集体越具备“优势泄压仓”的特征。

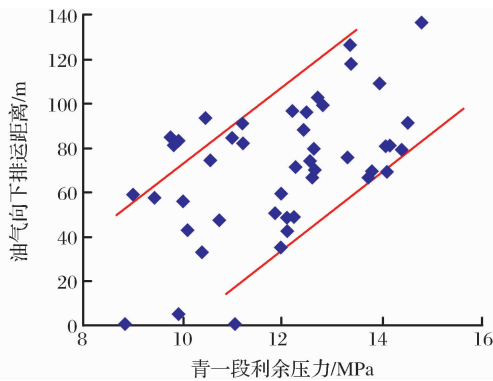


图 5 青一段剩余压力与扶余油层油气显示厚度关系
Fig. 5 The relationship between overpressure of $k_1 qn_1$ and thickness of hydrocarbon shows in Fuyou oil layer

具体来讲,研究区“优势泄压仓”有 2 种发育情况:①在局部地区发育的长期断裂,向上可断入上部青三段,如果青三段砂体发育(如长岭凹陷西部),由于青三段静压力相比扶余油层更小从而与源岩间的压差更大,则青三段成为超压流体优势充注层位(即“优势泄压仓”位于源岩超压层上方),而向下排运的效率大大降低,只在扶余油层顶部由于紧邻源岩层或由于断距作用使砂泥侧向对接,油气发生直下式或源储对接式运移,形成少量油气聚集[图 7(a)]。平面上长岭凹陷青三段有油气聚集的位置在扶余油层少有油气聚集,而青三段没有油气聚集的位置在扶余油层则聚集成藏,即在平面上的同一位置,青三段与扶余油层之间存在油气分布的“层间互补”关系;②研究区大多数断裂向上消失在青一段或青二段泥岩中,超压流体向上排运通道不畅,主要向下排运(即

“优势泄压仓”位于源岩超压层下方),由源下砂体发育特征可知从 II 砂组开始向下砂体发育程度明显增强,在相同物性条件下,距油源近的砂体压差更大,超压流体优先充注,由于巨大的泄压作用,超压流体不再继续向下排运。因此,研究区 II 砂组、III 砂组为优势充注层位,而 IV 砂组较少成藏[图 7(b)]。

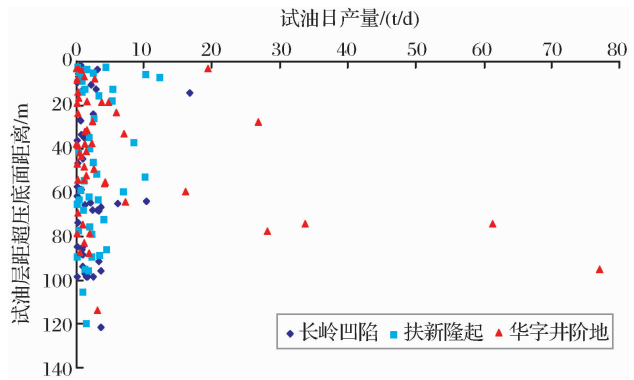


图 6 源下扶余油层产能与该层距超压底面距离的关系
Fig. 6 The relationship between production of Fuyou oil layer under the source rocks and its distance to the bottom surface of overpressure compartment

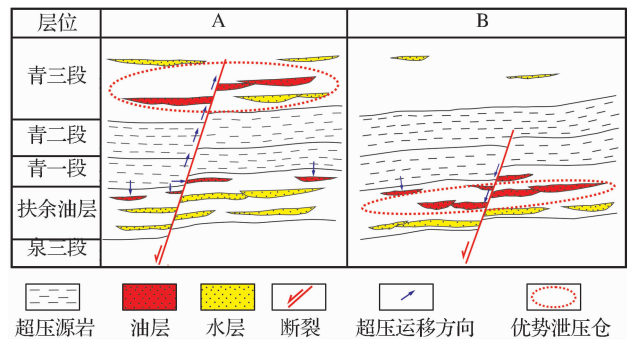


图 7 优势泄压仓对超压运聚模式的控制
Fig. 7 The Controlling of the dominant pressure leakage compartment to the migration and accumulation models under overpressure

4 结论

(1)松辽盆地南部让字井斜坡带青山口组发育超压系统,超压段具有低地震速度、低密度、低电阻和高声波时差的“三低一高”响应特征。单井压力结构纵向呈“三层式”,超压极值点多在青一段内部。不同二级构造带超压分布的深度范围不同,长岭凹陷为 1 700~2 300m,扶新隆起为 1 100~1 700m,华字井阶地为 1 300~1 800m,其分布具“层控”特征。计算超压值多在 10~14MPa 之间,平面分布与构造埋深呈正相关关系。

(2)油源、超压与 T_2 断层的耦合使超压运移成为可能,超压作用下油气理论向下排运距离在 272

~510m 之间,大于扶余油层厚度,理论上表明油气可以向下排运至整个扶余油层;研究区存在 4 种油气运移模式,超压与源下输导体的匹配导致运移模式的纵向演变;其中,油气在超压作用下沿断裂向下运移为主导运移方式。

(3)源下油藏油气向下排运距离与青一段剩余压力呈正相关关系。研究区油气实际下排距离多在 100m 以内,远小于理论计算值,原因在于“优势泄压仓”的发育,其发育位置不同造成油气向下排运距离的差异。总体上源下扶余油层 II 砂组、III 砂组为超压作用下油气优势充注层段。

致谢:吉林油田赵志魁、王立武、江涛、王立贤、唐振兴等人提供了大量的研究资料以及其他各种帮助,在此表示诚挚的感谢!

参考文献 (References):

- [1] Yang Zhi, Wang Jinghong, Lin Senhu, *et al.* Hydrocarbon accumulation mechanism near top overpressured surface in central Junggar Basin[J]. Journal of China University of Petroleum: Edition of Natural Science, 2011, 35(3): 19-24. [杨智, 王京红, 林森虎, 等. 准噶尔盆地腹部超压顶面附近油气成藏机制[J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2011, 35(3): 19-24.]
- [2] Feng Zhiqiang, Zhang Shun, Feng Zihui. The significance of discovering “the envelope of hydrocarbon migration under overpressure” and the research of hydrocarbon migration and accumulation mechanism in Songliao Basin[J]. Science China: Earth Sciences, 2011, 41(12): 1872-1882. [冯志强, 张顺, 冯子辉. 在松辽盆地发现“油气超压运移包络面”的意义及油气运移和成藏机理探讨[J]. 中国科学: 地球科学, 2011, 41(12): 1872-1882.]
- [3] Lin Chengyan, Tan Lijuan, Yu Cuiling. Research on the heterogeneous distribution of petroleum(I)[J]. Lithologic Reservoirs, 2007, 19(2): 16-21. [林承焰, 谭丽娟, 于翠玲. 论油气分布的不均一性(I)——非均质控油理论的由来[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(2): 16-21.]
- [4] Wan Zhifeng, Xia Bin, He Jiaxiong, *et al.* Formation mechanism of overpressure and its influence on hydrocarbon accumulation in sedimentary basins[J]. Natural Gas Geoscience, 2007, 18(2): 219-223. [万志峰, 夏斌, 何家雄, 等. 沉积盆地超压形成机制及其对油气运聚成藏过程的影响[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(2): 219-223.]
- [5] Hunt J M. Generation and migration of petroleum from abnormally pressured fluid compartment[J]. AAPG Bulletin, 1990, 74(1): 1-12.
- [6] Mark R P, Richard R H, Richard E S, *et al.* “Vertically transferred” overpressures in Brunei: Evidence for a new mechanism for the formation of high-magnitude overpressure[J]. Geology, 2007, 35(11): 1023-1026.
- [7] Lin Chengyan, Tan Lijuan, Yu Cuiling. Research on the heterogeneous distribution of petroleum(II)[J]. Lithologic Reservoirs, 2007, 19(3): 14-22. [林承焰, 谭丽娟, 于翠玲. 论油气分布的不均一性(II)——非均质控油理论的由来[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(3): 14-22.]
- [8] Li Hai, Wang Peng, Xu Hao, *et al.* Comparison of overpressure system and hydrocarbon accumulation between Qaidam Basin and Yinggehai Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2012, 23(4): 736-741. [李海, 王鹏, 许浩, 等. 柴达木盆地与莺歌海盆地超压体系、油气成藏特征对比分析[J]. 天然气地球科学, 2012, 23(4): 736-741.]
- [9] Zha Ming, Qu Jiangxiu, Zhang Weihai. The relationship between overpressure and reservoir forming mechanism[J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29(1): 19-23. [查明, 曲江秀, 张卫海. 异常高压与油气成藏机理[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(1): 19-23.]
- [10] Chen Zhonghong, Zha Ming, Qu Jiangxiu. Conditions and mechanism of hydrocarbon accumulation in overpressure systems in sedimentary basins[J]. Natural Gas Geoscience, 2003, 14(2): 97-102. [陈中红, 查明, 曲江秀. 沉积盆地超压体系油气成藏条件及机理[J]. 天然气地球科学, 2003, 14(2): 97-102.]
- [11] Xie Xinong, Li Sitian, Liu Xiaofeng. Basin Fluid Dynamics in Abnormally Pressured Environments[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2006: 3-161. [解习农, 李思田, 刘晓峰. 异常压力盆地流体动力学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2006: 3-161.]
- [12] Hou Fengxiang, Dong Xiongying, Wu Lijun, *et al.* Abnormal overpressure and hydrocarbon pooling in Maxi Sag, Jizhong Depression[J]. Natural Gas Geoscience, 2012, 23(4): 707-712. [侯凤香, 董雄英, 吴立军, 等. 冀中拗陷马西洼槽异常高压与油气成藏[J]. 天然气地球科学, 2012, 23(4): 707-712.]
- [13] Jia Chengzao, Zhao Wenzhi, Zou Caineng, *et al.* Geological Theory and Exploration Technology for Lithostratigraphic Hydrocarbon Reservoirs[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2008: 1-338. [贾承造, 赵文智, 邹才能, 等. 岩性地层油气藏地质理论与勘探技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 2008: 1-338.]
- [14] Fu Guang, Gao Qian. The main controlling factors and pattern of “upper source-lower reservoir” on depression edge: A case study with the Putaohua reservoir in Zhao 41-Zhou 58 Block of Songliao Basin[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2010, 17(4): 15-17. [付广, 高倩. 凹陷区上部生储式油成藏主控因素及模式[J]. 特种油气藏, 2010, 17(4): 15-17.]
- [15] Fu Guang, Wang Yougong, Yuan Dawei. Source faults of F, Y oil layer in Sanzhao Depression and its control to oil accumulation[J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(5): 762-766. [付广, 王有功, 袁大伟. 三肇凹陷扶杨油层源断裂的再认识及其对成藏的控制作用[J]. 石油学报, 2010, 31(5): 762-766.]
- [16] Fu Guang, Wang Yougong. Migration horizons downward of oil from K_1qn source rock of F, Y oil layer in Sanzhao Depression and its significance[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 26(2): 355-359. [付广, 王有功. 三肇凹陷青山口组源岩生成油向下“倒灌”运移层位及其研究意义[J]. 沉积学报, 2008, 26(2): 355-359.]
- [17] Yang Xigui, Liu Zongbao. Study on the hydrocarbon accumulation model in the slope area of a large sag-taking Fuyang reservoir in Sanzhao Sag as a case[J]. Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition, 2009, 24(3): 13-16. [杨喜贵, 刘宗堡. 大

- 型凹陷斜坡区倒灌式成藏模式——以三肇凹陷扶杨油层为例[J]. 西安石油大学学报:自然科学版,2009,24(3):13-16.]
- [18] Liu Zongbao, Fu Xiaofei, Lü Yanfang, *et al.* Hydrocarbon reversed accumulation model of big depression syncline area; A case of the Fuyang reservoir in the Sanzhao Depression[J]. Geological Review, 2009, 55(5): 685-692. [刘宗堡, 付晓飞, 吕延防, 等. 大型凹陷向斜坡区油气倒灌式成藏——以松辽盆地三肇凹陷扶杨油层为例[J]. 地质论评, 2009, 55(5): 685-692.]
- [19] Fu Xiaofei, Ping Guidong, Fan Ruidong, *et al.* Research on migration and accumulation mechanism of hydrocarbon “reversed migration” in Fuyu and Yangdachengzi Formation in Sanzhao Depression[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(3): 558-565. [付晓飞, 平贵东, 范瑞东, 等. 三肇凹陷扶杨油层油气“倒灌”运聚成藏规律研究[J]. 沉积学报, 2009, 27(3): 558-565.]
- [20] Song Lizhong, Li Bencai, Wang Fang. Reservoir-forming mechanism of low-permeability reservoir of Fuyu Formation in southern Songliao Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2007, 19(2): 57-61. [宋立忠, 李本才, 王芳. 松辽盆地南部扶余油层低渗透油藏形成机制[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(2): 57-61.]
- [21] Zou Caineng, Jia Chengzao, Zhao Wenzhi, *et al.* Accumulation dynamics and distribution of litho-stratigraphic reservoirs in south Songliao Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2005, 32(4): 125-129. [邹才能, 贾承造, 赵文智, 等. 松辽盆地南部岩性—地层油气藏成藏动力和分布规律[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(4): 125-129.]
- [22] Huo Qiuli, Feng Zihui, Fu Li, *et al.* The migration model of oil in Fuyu Yangdachengzi reservoir of Sanzhao Depression, Songliao Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 1999, 26(3): 25-27. [霍秋立, 冯子辉, 付丽, 等. 松辽盆地三肇凹陷扶杨油层石油运移方式[J]. 石油勘探与开发, 1999, 26(3): 25-27.]
- [23] Chi Yuanlin, Xiao Deming, Yin Jinyin. The injection pattern of oil and gas migration and accumulation in the sanzhaio area of Songliao Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2000, 74(4): 371-376. [迟元林, 萧德铭, 殷进垠. 松辽盆地三肇地区上生下储“注入式”成藏机制[J]. 地质学报, 2000, 74(4): 371-376.]
- [24] Wang Yongchun, Kang Weili, Mao Chaolin. Theories and Practices of Petroleum Exploration in Jilin Exploration Area [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2007: 92-200. [王永春, 康伟力, 毛超林. 吉林探区油气勘探理论与实践[M]. 北京: 石油工业出版社, 2007: 92-200.]
- [25] He Sheng, He Zhiliang, Yang Zhi, *et al.* Characteristics, well-log responses and mechanisms of overpressures within the Jurassic formation in the central part of Junggar Basin[J]. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 2009, 34(3): 457-468. [何生, 何治亮, 杨智, 等. 准噶尔盆地腹部侏罗系超压特征和测井响应以及成因[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2009, 34(3): 457-468.]

Characteristic of Overpressure and Its Control on Migration and Accumulation Model for Hydrocarbon Reservoirs below Source Rocks in Rangzijing Slope Zone of Southern Songliao Basin

LI Dan^{1,2}, DONG Chun-mei^{1,2}, LIN Cheng-yan^{1,2}, REN Li-hua^{1,2}, TAN Li-juan^{1,2}, XIE Jing-jing¹

(1. School of Geosciences in China University of petroleum, Qingdao 266580, China;

2. Shandong Key Laboratory of Reservoir Geology in China University of petroleum, Qingdao 266580, China)

Abstract: The distribution of overpressure is analyzed for Qingshankou Formation from Rangzijing Slope Zone in southern Songliao Basin. The hydrocarbon migration and accumulation models of reservoirs below the source rocks controlled by the overpressure are studied. The results show “three low and one high” that the overpressure zone is characterized by low seismic velocity, low density, low resistivity and high acoustic travel time. The well pressure is a “three-layered” structure vertically. The depth of overpressure strata varies in different secondary structural zone, which suggests the feature of “strata-controlled”. The main range of overpressure is 10 to 14MPa, which is calculated by the equivalent depth method. There exists a positive correlation between the distribution of overpressure and the depth. The coupling of oil source, overpressure and T₂ faults make it possible to migrate downward 272 to 510m theoretically, deeper than the Fuyu oil thickness. The match of overpressure and conduit system under the source rocks leads to vertical evolution of 4 migration patterns. There is a positive correlation between the thickness of hydrocarbon shows in the reservoir and the overpressure of the source rocks. The existence of “dominant pressure leakage compartment” results in shorter down-migration distance which is mainly within 100m in fact, and the down-migration distance varies with the change of “dominant pressure leakage compartment” location. Overall, the II and III sand groups are the preferable layer which is filled with hydrocarbon in Fuyu oil layer.

Key words: Distribution of overpressure; Migration and accumulation models; Hydrocarbon reservoirs below source rocks; Dominant pressure leakage compartment; Qingshankou Formation; Rangzijing slope zone