

文章编号: 1001-6112(2011)04-0378-06

镇泾油田长 8 油层组特低渗岩性油藏成藏机制研究

侯瑞云¹, 柳林旺²

(1. 中国石油化工股份有限公司 华北分公司, 郑州 450006;

2. 中国石油化工股份有限公司 华北分公司 勘探开发研究院, 郑州 450006)

摘要:镇泾油田长 8 油层具低孔特低渗特征。在储层沉积、成岩作用和储集特征研究的基础上,通过岩性圈闭形成条件、成藏动力、储层流体充注临界物性、圈闭形成和油气充注时间以及高产富集控制因素等方面对镇泾长 8 特低渗岩性油藏的成藏机制开展了研究,得出了以下主要结论:①镇泾油田长 8 油层组具备形成大中型岩性油藏的有利条件;②储层沉积微相是岩性油藏形成的基本控制因素;③“三元成藏”(流体充注动力、储层临界物性和成藏窗口)构成镇泾长 8 岩性油藏形成的主控因素;④油藏的高产高聚主要受有利储集相带控制,并受到天然裂缝的影响。

关键词:成藏机制;岩性油藏;特低渗;镇泾油田

中图分类号: TE122.3⁺22

文献标识码: A

Accumulation mechanism of lithologic reservoir with ultra-low permeability in Chang8 oil formation, Zhenjing Oil Field

Hou Ruiyun¹, Liu Linwang²

(1. North China Branch Company, SINOPEC, Zhengzhou, He'nan 450006, China; 2. Research Institute of

Petroleum Exploration & Production, North China Branch Company, SINOPEC, Zhengzhou, He'nan 450006, China)

Abstract: The Chang8 oil formation in the Zhenjing Oil Field is characterized by low porosity and ultra-low permeability. Based on the studies of reservoir deposition, diagenesis effect and storage characteristics, the generation mechanism of lithologic reservoir with ultra-low permeability in the Chang8 oil formation has been studied from several aspects such as lithologic trapping condition, accumulation dynamics, threshold for fluid charging, time for trapping and petroleum charging as well as controlling factor for sweet point. Conclusions have been made as follows. 1) The Chang8 oil formation is favorable for the generation of medium—large lithologic reservoir. 2) Sedimentary microfacies is the basic controlling factor for the generation of lithologic reservoir. 3) Three elements (fluid charging dynamics, threshold of reservoir physical property, and effective trap matching with hydrocarbon charging period) control the formation of Chang8 lithologic reservoir. 4) Prolific reservoir is mainly controlled by reservoir sedimentary facies, and also influenced by natural fracture.

Key words: accumulation mechanism; lithologic reservoir; ultra-low permeability; Zhenjing Oil Field

镇泾油田位于鄂尔多斯盆地西南部、天环向斜南端,构造平缓稳定,延长期分流河道砂体与广泛分布的暗色泥岩相互叠置,有利于岩性油藏的形成。镇泾油田已在长 8 油层组发现 3 个岩性油藏,控制含油面积近 200 km²,控制石油储量数千万吨(图 1)。镇泾长 8 岩性油藏低孔特低渗,油井普遍低产,但部分区域产量较高,且存在少数高产油井。近年来,针对镇泾油田中生界岩性油藏的成藏规律开展了大量研究^[1-2],以寻找有利成藏区和高产富

集区。本文在对长 8 岩性油藏地质特征、岩性圈闭的形成条件、流体运移和聚集的动力学特征、特低渗储层油气充注条件以及长 8 岩性油藏成藏控制因素等方面大量研究的基础上,对镇泾油田长 8 岩性油藏的成藏机制进行了分析,以期建立镇泾地区中生界岩性油藏的成藏模式,揭示其成藏规律。

1 油藏地质特征

在镇泾油田已发现的 3 个长 8 油层组岩性油

收稿日期: 2010-12-27; 修订日期: 2011-07-26。

作者简介: 侯瑞云(1964—),女,高级工程师,从事油气地质研究与技术管理工作。E-mail: ryhou@126.com。

基金项目: 中国石油化工股份公司科技部项目(P08042)。

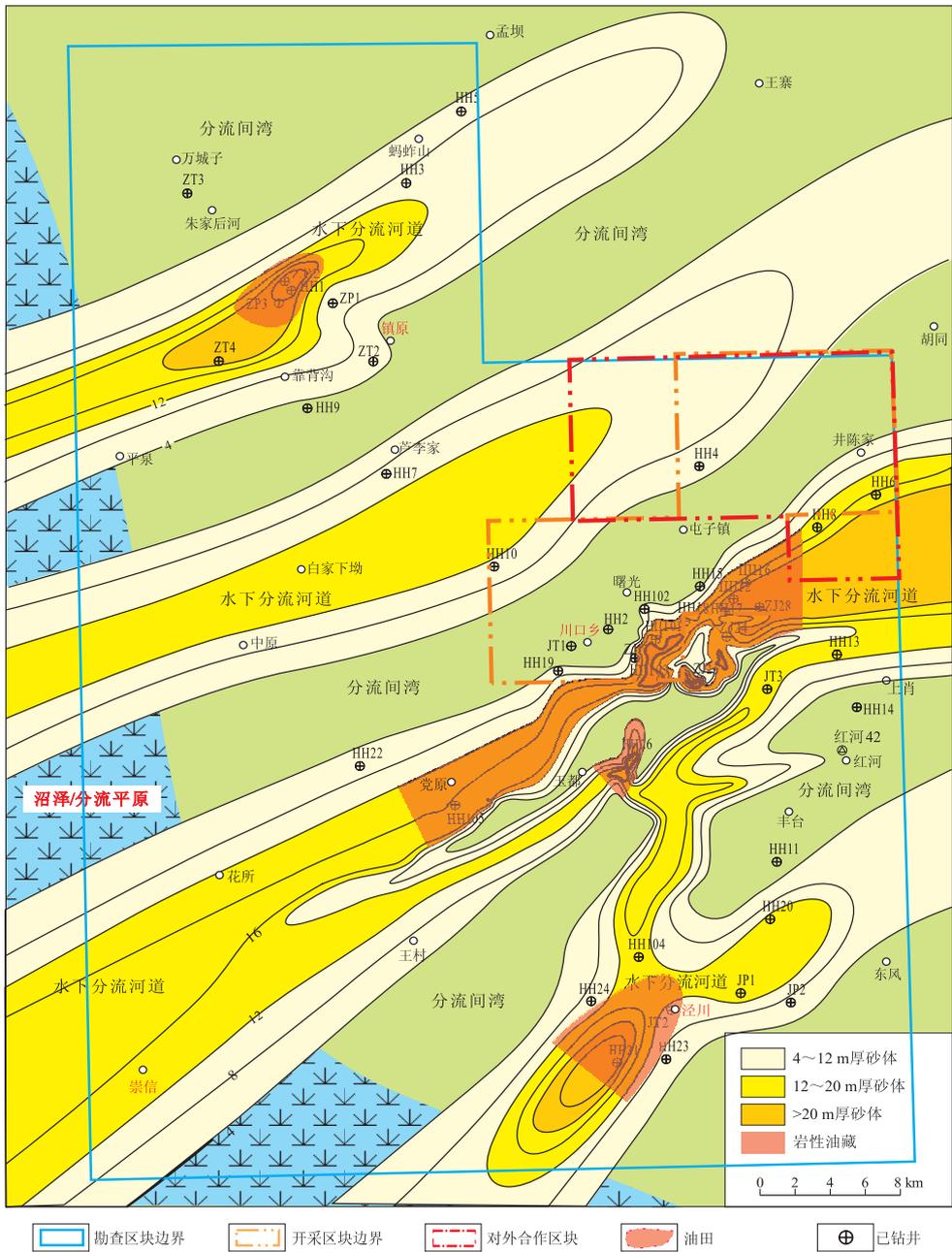


图 1 镇泾油田长 8 油层组岩性油藏分布

Fig. 1 Distribution of lithologic reservoir in Chang8 oil formation, Zhenjing Oil Field

藏中,以位于油田中部川口区的长 8 油藏规模最大(图 1),钻井控制程度和研究程度也最高,具有较好的代表性,以其为例阐述镇泾油田长 8 岩性油藏地质特征。

1.1 构造

川口长 8 油藏构造简单,整体为一平缓向西北倾斜的单斜构造,地层倾角小于 1°;局部发育微幅度的鼻状构造,构造对油藏基本无控制作用。

1.2 储层

储层岩性主要为中—细粒长石岩屑/岩屑长石砂岩,储层沉积微相主要为辫状河三角洲前缘水下

分流河道沉积。孔隙度主要分布于 6%~16% 之间,平均约 10.5%;渗透率主要分布于 $(0.1\sim 0.8)\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,平均 $0.5\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 左右。储层具中细孔—细、微细喉结构,孔喉分选较差。

储层发育受沉积微相控制,平面上呈南西—北东向条带状展布,水下分流河道主体砂体厚度 10~25 m。垂向上储层主要由三期河道砂体复合叠加而成。储层具有较强的平面和垂向非均质性。

1.3 圈闭和油藏

川口长 8 油藏是典型的岩性油藏,在平缓西北倾斜的单斜背景下,南西—北东向展布的分流河道

砂体侧向尖灭于分流间湾相泥岩。广泛发育的油页岩和深湖泥岩,既是良好烃源岩,也是下伏长 8 油藏的良好盖层。

油藏呈条带状沿分流河道主体展布,油气分布主要受沉积相带及物性的控制,无明显边、底水。地层水为氯化钙型,矿化度 79 000 mg/L 左右。

2 岩性圈闭形成条件及形成过程

有效储层和有效盖层是岩性圈闭的必要条件,二者在时间和空间上形成有效配合,才能形成有效岩性圈闭。

2.1 有效储层的确定

有效储层是指烃类可以进入并采出的储层,有效储层的下限值定义为“储层临界物性”。

长 8 储层现今含油下限物性:通过对镇泾长 8 岩心录井资料及其物性进行分析,发现部分特低渗甚至致密储层依然含油,利用含油产状和孔渗交汇的方法确定长 8 油组储层现今含油孔隙度下限为 4%,渗透率为 $0.03 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (图 2)。

研究认为这些原油在地质历史时期孔渗条件较好时充注,在储层被进一步压实致密后保留在储层中。显然,长 8 储层现今含油物性下限并不代表原油充注时的物性下限。因此,需要确定油气充注时刻有效储层的临界物性。

成藏期储层充注临界物性:在古埋深恢复、储

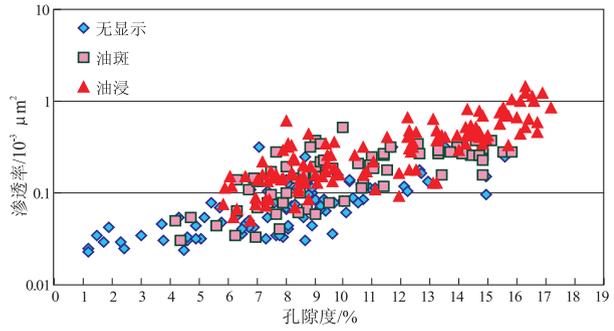


图 2 镇泾油田长 8 含油岩心孔、渗交汇图

Fig. 2 Cross plots of porosity and permeability of oil-bearing cores from Chang8 oil formation, Zhenjing Oil Field

层古孔隙度恢复的基础上,采用孔隙度演化反演方法确定了储层烃类充注的临界物性^[3-5]。其步骤如下:

1)建立孔隙度演化剖面(图 3)。

2)确定油气的主要充注期。通过对镇泾长 8 地层 16 个包裹体的测试,确定主要充注期为早白垩世中期,125~130 Ma。

3)确定成藏期和现今的孔隙度的变化量(图 3)。图中长 8 储层现今平均孔隙度为 10.5%。镇泾长 8 地层在油气主充注期后,平均埋深增加 630 m。图 3b 表示运用剥皮反演法把现今孔隙度剖面上推 630 m,就是长 8 储层主充注期的孔隙度 17%。成藏期与现今孔隙度值的差为 6.5%,现今储层含

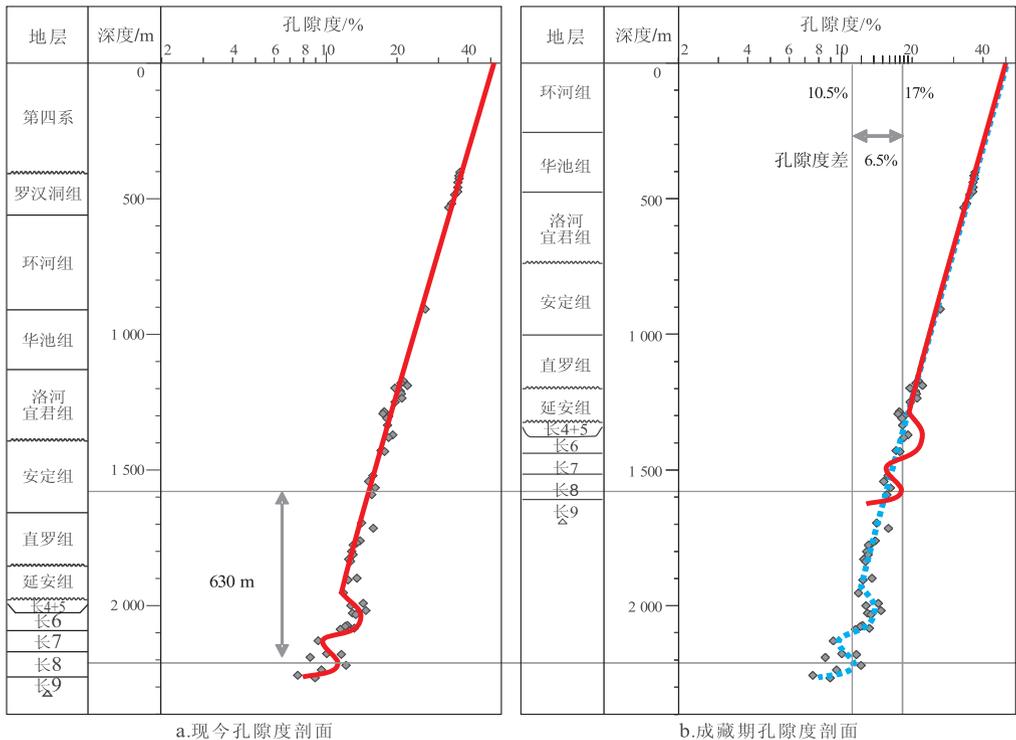


图 3 镇泾油田长 8 油藏成藏期孔隙度求取示意

Fig. 3 Estimation of porosity during accumulation period, Chang8 oil formation, Zhenjing Oil Field

油临界孔隙度值4%加上该减小量就是储层的充注临界孔隙度值,即10.5%,对应的渗透率为 $0.203 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

因此,对于镇泾长8岩性油藏,其有效储层是指在主要成藏期,孔隙度大于10.5%、渗透率大于 $0.203 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的储层。

2.2 有效盖层研究

2.2.1 盖层级别的划分

据陈章明等^[6]的研究,根据封闭能力大小将泥岩盖层划分为4个级别:

- 1)好盖层:排替压力 $p > 2.0 \text{ MPa}$;
- 2)较好盖层: $0.5 \text{ MPa} < p < 2.0 \text{ MPa}$;
- 3)一般盖层: $0.1 \text{ MPa} < p < 0.5 \text{ MPa}$;
- 4)差盖层: $p < 0.1 \text{ MPa}$ 。

本次研究中选择0.5 MPa为临界值,当排替压力 $p > 0.5 \text{ MPa}$ 时,为有效盖层。

2.2.2 泥岩排替压力的计算

由于缺少合适的泥岩实验样品,参考使用了肖伟等^[7]二连盆地中生界泥岩排替压力的计算模型:

$$p = 99.681\varphi_{\text{sh}} - 1.8401$$

式中: p 为泥岩排替压力,MPa; φ_{sh} 为泥岩孔隙度,%。

研究表明,镇泾地区长8储层上覆泥岩盖层厚度很大,而且在埋深达到1500 m左右时,全

区泥岩普遍发育超压,形成物性和超压复合遮挡盖层,1500 m之下的泥岩普遍达到有效盖层(图4)。

2.3 岩性圈闭的发育窗口

有效储层和有效盖层在时间和空间上有效配合才能形成有效岩性圈闭。图4演示了有效岩性圈闭的形成,即首先识别出有效储层和有效盖层发育层段,二者重叠部分即是岩性圈闭窗口,也是有效岩性圈闭发育的深度区间。从图4可以看出,长8储层由于次生孔隙的发育形成有效储层,而长7的张家滩页岩构成了优良盖层,因而处于岩性圈闭的发育窗口A。

平面上,分别对何家坪、川口和代家坪3个岩性油藏发育区的典型井进行岩性圈闭形成条件的组合分析。

研究区地层从北西向南东埋深变浅,有效泥岩盖层的发育起始深度由北向南逐渐减小,北西部代家坪岩性圈闭窗口起始形成深度为1200 m左右;中部川口一带为900~1000 m;南部何家坪岩性圈闭起始形成深度为800 m。泥岩盖层的封盖机理在浅层以物性遮挡为主,埋深1500~2000 m为超压和物性混合封堵。

砂岩储层物性不同,圈闭窗口深度差异较大,物性主要受次生增孔作用的影响。次生增孔作用在研究区延长组普遍发育,以长8储层较为发育,

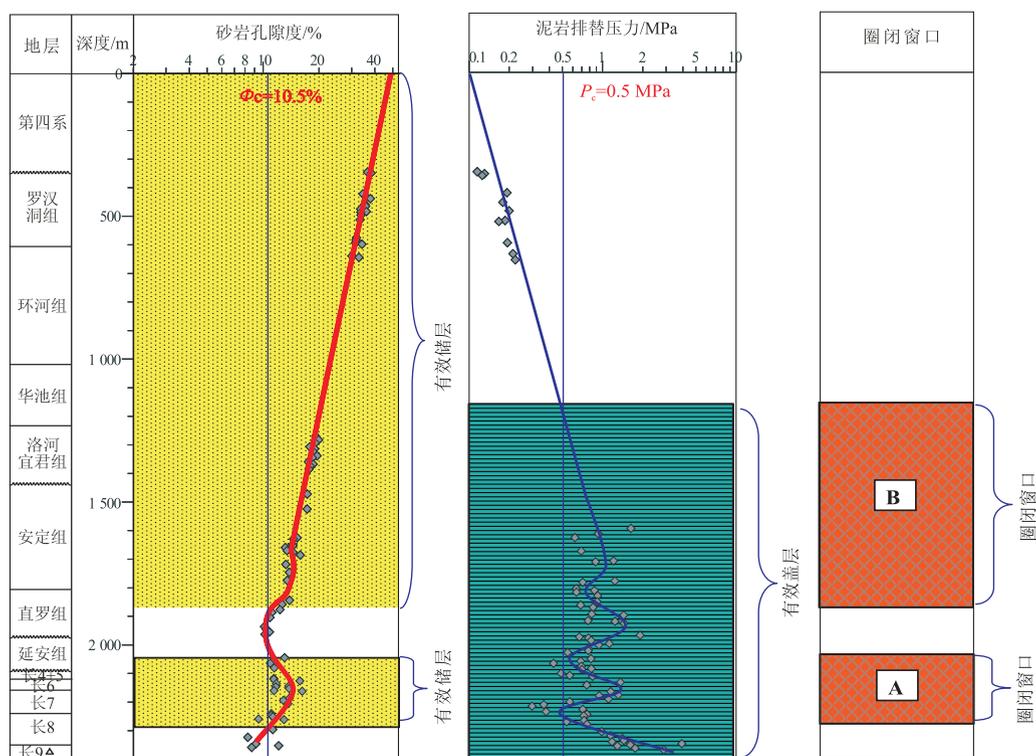


图4 镇泾油田岩性圈闭窗口形成条件组合分析

Fig. 4 Forming conditions for lithologic trap window, Zhenjing Oil Field

与长 7 有效盖层形成有效的岩性圈闭窗口,川口长 8 大型岩性油藏的形成与此有关。部分地区长 6 和长 8 分别发育一个次生带,被长 7 顶部的致密砂岩段分割形成 2 个岩性圈闭窗口。

3 长 8 岩性油藏成藏动力学机制

3.1 生烃史分析

依据 TTI 法,应用 BASINMOD 软件模拟镇泾中生界埋藏史和生烃史^[8]表明,延长组在早白垩世早期 140 Ma 地温达到 90 °C, R_o 达到 0.5%, 有机质进入早成熟阶段开始生烃。在 130 Ma 时地温达到 115 °C, 镜质组反射率 R_o 达到 0.7%, 有机质演化进入中成熟阶段开始大量生烃。

3.2 成藏期次分析

王学军等^[9]研究认为镇北油田中生界的油气运移为 2 期,分别是晚侏罗世末期(142 Ma)和早白垩世末期(105 Ma),对应峰温为 85 °C 和 105 °C。武明辉^[10]研究认为西峰油田长 8 段的油气运移为 2 期,分别是中一晚侏罗世和早白垩世末期,对应峰温为 85 °C 和 120 °C。

本次研究对镇泾长 8 储层的 16 个有机包裹体进行了测试,主要为含油砂岩中的石英次生加大边和方解石嵌晶中的包裹体。长 8 包裹体均一温度具双峰特征,主峰为 90~95 °C 和 105~110 °C,可

能为两期充注,对应时代是早白垩世中期 125 Ma 和 130 Ma,间隔时间很短(图 5)。

3.3 成藏动力学分析

烃类从源岩排出,只有充注动力大于阻力时才可能进入储层聚集成藏。镇泾长 8 岩性油藏为近源成藏,成藏充注动力主要为上覆源岩的地层流体压力;阻力为储层地层压力、油柱浮力、毛细管力以及内摩擦力。其中地层流体压力采用 Philippone 公式^[11],分别建立泥岩和砂岩的计算模型。

泥岩地层流体压力计算:

$$P_{\text{泥岩}} = \frac{\ln(V_{\text{max泥岩}}/V_{\text{int泥岩}})}{\ln(V_{\text{max泥岩}}/V_{\text{min泥岩}})} P_{\text{ov}}$$

砂岩地层流体压力计算:

$$P_{\text{储层}} = \frac{\ln(V_{\text{max砂岩}}/V_{\text{int砂岩}})}{\ln(V_{\text{max砂岩}}/V_{\text{min砂岩}})} P_{\text{ov}}$$

式中: V_{max} , V_{int} , V_{min} 分别代表砂、泥岩中的声波骨架速度、实际速度和流体速度; P_{ov} 为地层上覆压力。

以单井为单元,定量计算成藏动力,并在深度域中作图,可得成藏动力和成藏阻力随深度的变化关系;成藏动力大于成藏阻力的深度范围为有利成藏窗口。图 6 显示长 8 储层与长 7 底部较强充注动力匹配,成藏充注动力大于阻力,处于有利的油气充注范围。其中油层分布在成藏动力和阻力都

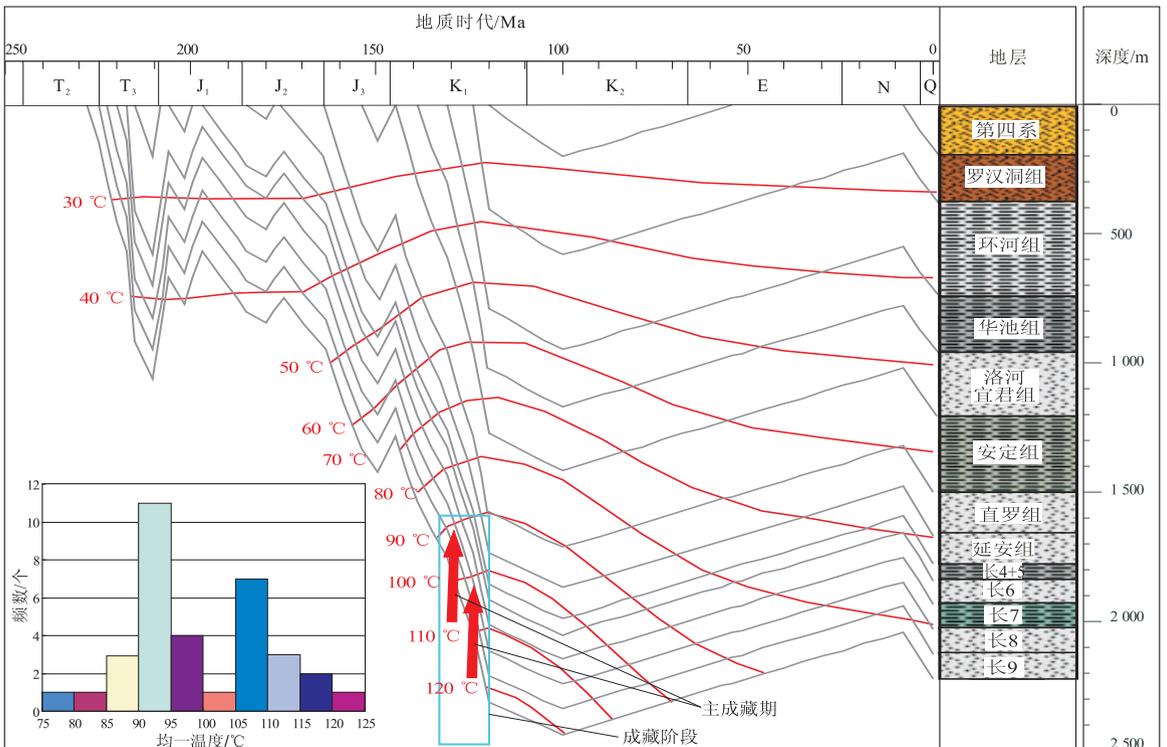


图 5 镇泾油田长 8 包裹体均一温度分布及油气充注期次分析

Fig. 5 Homogenization temperatures of inclusion and periods of hydrocarbon charging in Chang8 oil formation, Zhenjing Oil Field

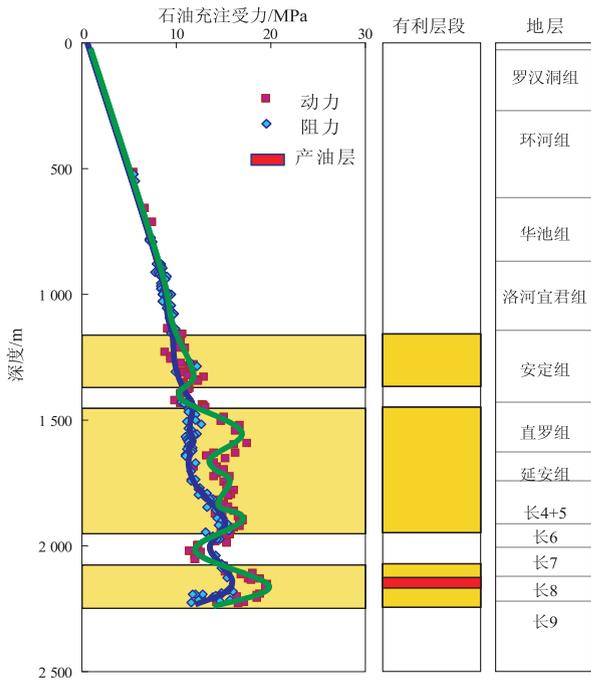


图 6 镇泾油田成藏窗口分析示意

Fig. 6 Analysis of reservoir window in Zhenjing Oil Field

比较大的范围内,这可能和该层段孔隙较发育,有利于油气充注有关。

4 结论

镇泾区块长 8 油层组分流河道砂体与上覆长 7 烃源岩近距离接触,长 7 生成的油气在过剩压力驱动下,向下运移至长 8 聚集成藏,因而,长 8 岩性油藏具备典型的上生下储型近源成藏特征。在此成藏背景下,根据上述研究成果,可得出以下主要结论:

1) 储层临界物性、流体动力和成藏窗口是本区岩性油藏形成的主要控制因素,即具有“三元主控成藏”特征。储层临界物性决定了油气是否能进入砂体;流体动力既是油气运移聚集动力,也决定着油气运移方向;成藏窗口是油气聚集成藏的必要条件,三者共同控制了岩性油藏的分布及富集。

2) 储层临界物性决定着储层的有效性,而有效储层的发育主要受储层沉积微相控制,并受成岩作用和构造裂缝发育的影响。水下分流河道是长 8 有效储层发育的最有利沉积微相,多期水下分流河道砂体叠加区构成了长 8 有效储层发育的最有利区域。

3) 生排烃时期的泥岩欠压实作用构成了油气运移的主要动力,而储—源动力差是油气进入圈闭的有效流体动力。烃源岩欠压实作用较强的区域将有较大的有效流体动力,因而控制着油气的运移路径和方向。

4) 镇泾区块长 8 岩性圈闭与成藏窗口密切相关,现今和成藏期岩性圈闭都处在成藏窗口内利于岩性油藏的形成。成藏窗口的发育与次生孔隙的发育形成密切相关。

参考文献:

[1] 周文,刘飞,戴建文,等. 镇泾地区中生界油气成藏影响因素[J]. 油气地质与采收率,2008,15(2):5-10.

[2] 邓虎成,周文. 镇泾地区三叠系延长组油气成藏条件研究[J]. 石油天然气学报,2008,30(5):11-19.

[3] 邵新军,刘震,崔文富. 沉积盆地地层古埋深的恢复[J]. 石油勘探与开发,1999,26(3):33-35.

[4] 刘震,邵新军,金博,等. 压实过程中埋深和时间对碎屑岩孔隙度演化的共同影响[J]. 现代地质,2007,21(1):125-132.

[5] 刘震,谭卓,蔡东升,等. 北部湾盆地涠西南凹陷流沙港组岩性圈闭形成条件[J]. 现代地质,2008,22(2):239-246.

[6] 陈章明,姜振学,郭水生,等. 泥质岩盖层封闭性综合评价及其在琼东南盆地的应用[J]. 中国海上油气,1995,9(1):1-6.

[7] 肖伟,刘震,党虎强,等. 二连盆地乌里雅斯太凹陷南洼槽油气运移特征[J]. 新疆石油地质,2004,25(4):372-376.

[8] 赵舒,刘震. 镇泾区块中生界岩性油藏成藏规律研究[R]. 郑州:中石化华北分公司,2010:236-301.

[9] 王学军,王志欣,陈杰,等. 鄂尔多斯盆地镇北油田延长组石油运聚机理[J]. 石油勘探与开发,2010,38(3):13-14.

[10] 武明辉,张刘平,罗晓容,等. 西峰油田延长组长 8 段储层流体作用期次分析[J]. 石油与天然气地质,2006,27(1):33-36.

[11] 刘震,张万选,张厚福,等. 辽西凹陷北洼下第三系异常地层压力分析[J]. 石油学报,1993,14(1):14-24.

(编辑 黄 娟)