

文章编号: 0253-9985(2011)02-0157-08

鄂尔多斯盆地镇泾地区中生界成藏系统

丁晓琪, 张哨楠, 谢世文, 易超, 熊迪

(成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610059)

摘要: 鄂尔多斯盆地西南缘镇泾地区中生界油藏具有致密低渗透、丰度低、储量大的特点, 已钻遇的多口高产井显示出中生界具有良好的油气勘探潜力, 已成为中石化能源接替区之一。通过烃源岩、储层物性、圈闭特征、成岩作用及泥岩欠压实特征分析, 认为构造作用造成了成岩作用路径及过剩压力发生变化, 进而使储层类型多样, 最终导致了中生界成藏机理具有明显差异。将中生界延长组—延安组油藏成藏动力学机制划分为3种类型: 自源高压封闭成藏动力学系统、自源“低压”半封闭成藏动力学系统和远源常压开放成藏动力学系统。自源高压封闭油藏勘探重点为高效储层; 自源“低压”半封闭油藏勘探重点为碎屑岩古风化壳; 而远源常压开放油藏勘探重点则为与古地貌有关的差异压实背斜。

关键词: 成藏系统; 低渗透; 中生界; 欠压实; 镇泾地区; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: TE122.1 **文献标识码:** A

Hydrocarbon accumulation system of the Mesozoic in Zhenjing oilfield, the Ordos Basin

Ding Xiaoqi, Zhang Shaonan, Xie Shiwen, Yi Chao and Xiong Di

(State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China)

Abstract: The Mesozoic reservoirs of the Zhenjing area on the southwestern edge of the Ordos Basin feature in large tightness, low permeability, low abundance and large reserves. They possess huge exploration potentials which have been evidenced by several high-yield wells penetrating these reservoirs. The Zhenjing area now has become one of the main areas for reserve replacement of SINOPEC. Through the analysis of source rocks, physical properties of reservoirs, trap features, diagenesis and characteristics of mudstone compaction, it is believed that tectonism resulted in the changes of diagenetic paths and overpressure distribution, and hereby the variety of reservoir types. As a result, the Mesozoic hydrocarbon accumulation mechanism varies distinctively in different layers. In this paper, dynamic mechanisms of hydrocarbon accumulation in the Yan'an and Yanchang formations are classified into three types, namely the indigeneous high-pressure enclosed type, the indegeneous low-pressure semi-enclosed type, and the distal normal-pressure open type. For the indigeneous high-pressure enclosed type, exploration should be focused on searching for highly-efficient reservoirs, while for the indegeneous low-pressure semi-enclosed type, clastic paleo-weathering crust should be the focus of exploration. As for the distal normal-pressure open type, the major exploration targets are differential compaction anticlines associated with paleogeomorphology.

Keywords: hydrocarbon accumulation system, low permeability, Mesozoic, undercompaction, Zhenjing area, Ordos Basin

收稿日期: 2010-06-08; 修订日期: 2011-03-08。

第一作者简介: 丁晓琪(1981—), 男, 博士, 储层沉积学与储层地球化学。

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(40602012)。

鄂尔多斯盆地是我国东部中、新生代大型陆相沉积盆地之一,三叠系延长组及侏罗系延安组是该区油气勘探的主要目的层^[1],中生界具有烃源岩发育、生储盖组合配套、勘探领域广、潜力大的特点^[1-2]。镇泾地区位于鄂尔多斯盆地天环坳陷南部(图1),上三叠统延长组(长)自下而上分为10个油层段,长10段—长1段。由于印支运动的构造抬升,研究区普遍缺失长4+5段以上地层,南部部分井区缺失长6段;上覆侏罗系延安组的沉积完全受控于前侏罗纪古地貌,延安组地层自南向北依次超覆^[3],延安组(延)自下而上也分为10个油层段,延10段—延1段。

纵观镇泾地区油气勘探历程,中生界油气勘探始于20世纪90年代。2006年前,仅在川口地区发现长6、延安组油藏,探明储量 635×10^4 t,并未取得较大突破。而盆地西南缘的西峰油田,紧邻镇泾地区,是近十年来长庆油田发现的一个亿吨级大油田,主力油层为上三叠统延长组长8段,迄今共新增三级储量 2.2×10^8 t。2007年镇泾油田改变勘探思路,加大勘探投入,拉开了长8的勘探高潮,先后钻遇了一批高产油井,但勘探成功率低,直接影响了建设百万吨油田的进程。其主要

原因是研究区内中生界油气的成藏特点缺乏足够了解,与邻区的西峰油田相比,既有相同的地方,但更多的是差异。盆地的不同区域,具有不同的油气运移动力;相同的地区,不同的层位,油气运移动力也存在差异,镇泾油田不同含油层系具有不同的成藏机理。因此,深入研究这些成藏机理不仅可以指导该地区的油气勘探,还可以完善盆地南缘中生界的成藏机理。基于以上思路,本文将延安组和延长组作为一个整体考虑,重点研究延长组长8段、长6段和延安组延9段3个含油层系。通过确定油源,结合储层、圈闭研究和泥岩欠压实特征,探讨研究区的中生界成藏动力学系统,分析具有不同成藏动力学特征油藏的勘探思路。

1 成藏条件

1.1 烃源岩特征

镇泾地区长6段烃源岩有机碳含量一般为0.43%~2.24%,大多数烃含量在101.4~181.8 mg/L,为差—中等级别;长7段有机碳含量为

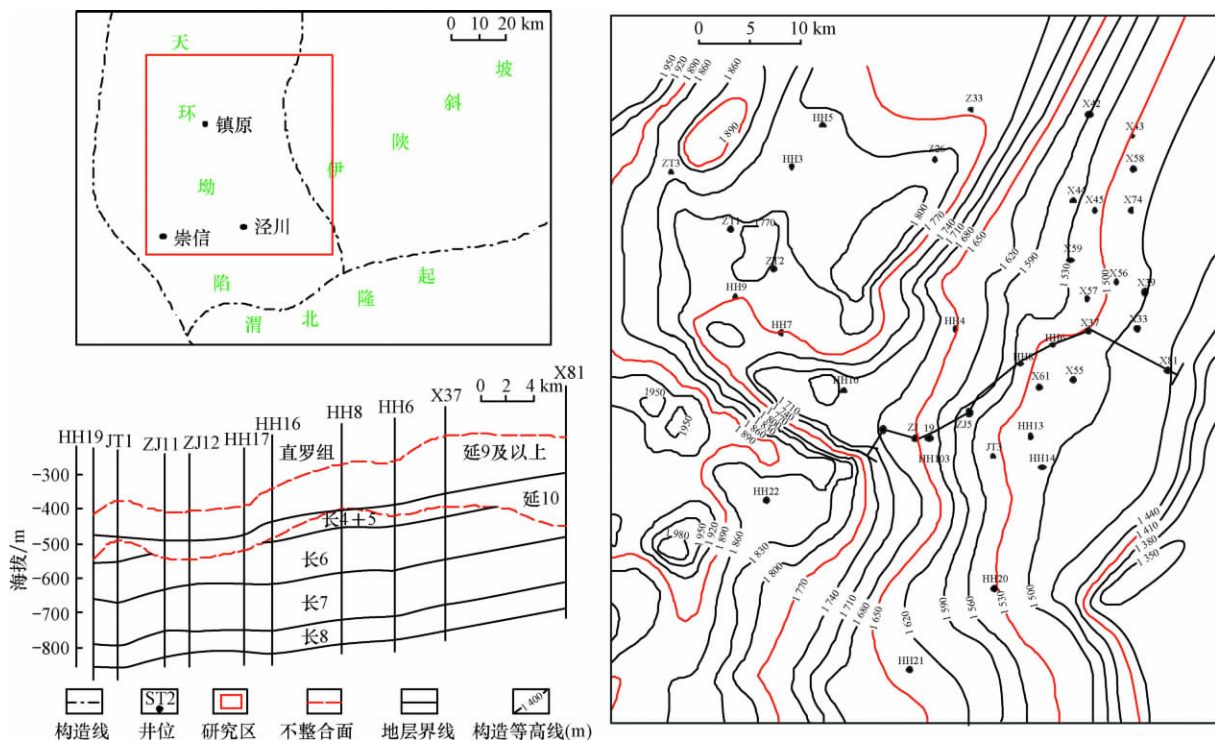


图1 鄂尔多斯盆地镇泾油田位置及构造

Fig. 1 Location and structures of Zhenjing oilfield, the Ordos Basin

0.96%~4.27%, 烃含量为 242.5~1642.5 mg/L, 达中等-最好水平, 是本区最好的烃源岩; 长 8 段烃源岩有机碳含量为 0.76%~2.02%, 烃含量 108.6~715.9 mg/L, 相对较差。研究区长 7 段为腐殖-腐泥型为主的Ⅱ₁ 型干酪根, 而长 6 段和长 8 段则是以腐泥-腐殖型为主的Ⅱ₂ 型干酪根。总体上延长组长 7 段有机质丰度最高, 长 6 段、长 8 段较低。

1.2 储层特征

研究区中生界主要含油层位的储层物性特征见表 1。从表可以看出: 储层物性自上而下, 依次变差。按低渗透储层的划分标准^[4], 延安组储层主要属于低渗透; 长 6 段储层属于特低渗透; 而长 8 段储层则属于超低渗透。延安组储层以岩屑石英砂岩和长石石英砂岩为主, 孔隙类型主要为剩余原生粒间孔; 长 6 段以岩屑长石砂岩和长石岩屑砂岩为主, 压实强、溶蚀强, 原生孔隙和次生孔隙均较发育; 长 8 段岩性与长 6 段相同, 但因埋深大, 压实和胶结较长 6 段强, 孔隙类型主要为次生孔隙和少量的原生孔隙。

中生界地层在野外剖面、钻井取心和成像资料可见大量的高角度裂缝, 裂缝宽度主要分布于 0.5 mm 以下, 也有 12% 左右的裂缝宽度大于 0.5 mm。从已有开发资料可以得出, 75°方向水驱速度快, 驱油效率差, 部分井见效快(见效即被水淹), 均说明该方向上裂缝发育。裂缝极大地改善了储层的渗流能力。长 8 部分高产井均与裂缝有关。如 HH26 井, 产层平均孔隙度仅 7.6%, 渗透率 $0.12 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 日产油 36.3 t; ZJ5 井孔隙度仅 8.4%, 渗透率 $0.13 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 日产油 16.08 t; 西峰油田的 X18 井, 砂岩孔隙度只有 9.4%, 而渗透率高达 $3.30 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 试油获 18 t 高产^[5]。

以上情况均与油层普遍低渗和低产背景不一致, 证明裂缝作用巨大。

1.3 圈闭特征

1.3.1 延安组圈闭特征

镇泾地区位于天环坳陷内, 从已有的钻井资料来看, 延长组构造简单, 为一西倾的大单斜(图 1), 局部发育一些鼻状构造^[6-7]。但延安组的构造特征较延长组复杂。这种下伏地层构造平缓而上覆地层构造复杂的特征, 并不是区域构造应力造成的。通过古地貌研究^[7-8], 其成因主要为差异压实。差异压实的机理有两种: 一种为与古地貌有关的差异压实, 另一种为与沉积有关的差异压实。与古地貌有关的差异压实是基于延安组沉积时, 不整合面之下的延长组已经固结成岩, 不具压缩性, 所以在古地貌高点易形成低缓拔覆背斜; 而与沉积有关的差异压实是泥岩的压实效率远高于砂岩的压实效率, 所以在砂岩富集区, 往往构造位置相对较高, 从图 2 也可以看出, ZJ3-4-8 井延 9 段砂岩最为发育, 处于构造的最高点上, 而旁边的 ZJ2-11 及 ZJ2-6 砂岩欠发育, 经差异压实后, 其砂岩顶面构造位置相对较低。

1.3.2 延长组圈闭特征

延长组地层平缓, 整体为一单斜, 在单斜上发育一系列的鼻状构造(图 1), 但这些鼻状构造并没有明显的控油作用。而延长组储层由于岩性致密, 地层倾角小, 油气运移的动力小, 而毛细管阻力大, 油水分异不彻底, 为典型的成岩圈闭, 油气主要储存在优质储层及与裂缝有关的储层中。

表 1 鄂尔多斯盆地镇泾地区中生界储层物性

Table 1 Physical properties of the Mesozoic reservoirs in Zhenjing area, the Ordos Basin

层 位	孔隙度, %			渗透率/($10^{-3} \mu\text{m}^2$)			样品数/个
	最小	最大	平均	最小	最大	平均	
延安组	4.9	16.6	12.8	0.11	54.70	8.40	140
长 6	2.3	23.2	11.8	0.02	77.40	0.55	279
长 8	1.2	17.2	9.2	0.01	1.43	0.22	431

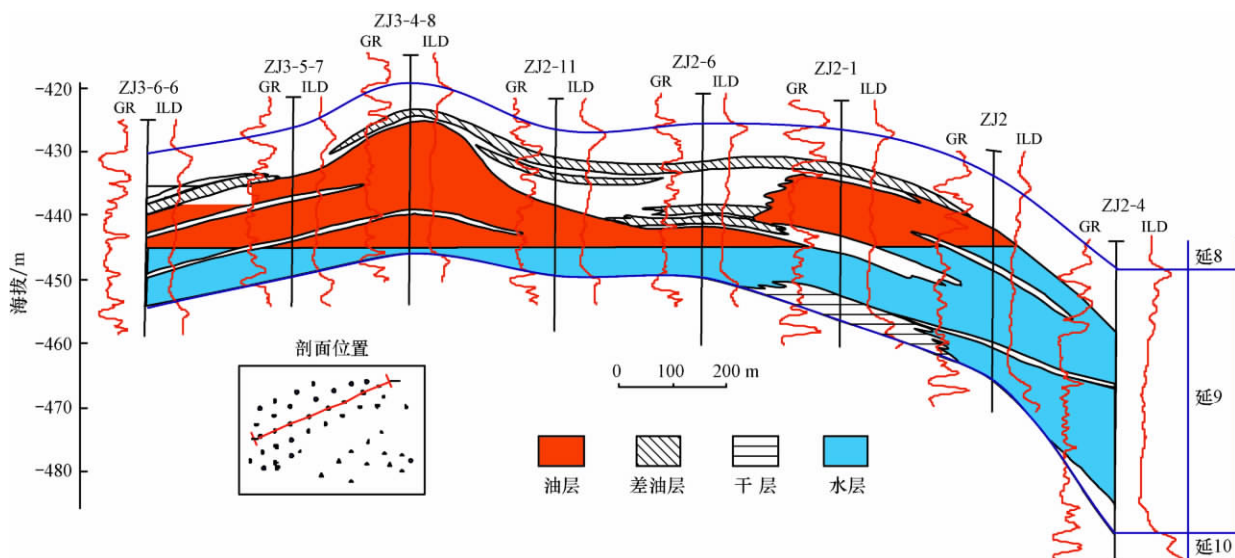


图2 鄂尔多斯盆地镇泾油田油藏剖面

Fig. 2 Reservoir profile in Zhenjing oilfield, the Ordos Basin

2 成岩作用

晚三叠纪的印支运动使鄂尔多斯地台抬升遭受剥蚀,研究区缺失延长组上部地层及富县组。之后,地壳下降,延安组沉积。延安组晚期的印支运动又使延安组遭受剥蚀。根据大量薄片资料,镜质体反射率(R_o)资料及包裹体资料^[8],结合研究区的埋藏史成果^[1],将延安组和延长组储层划分为持续埋藏型成岩系统,中间开启型成岩系统和长期浅埋开启型成岩系统。

2.1 持续埋藏型成岩系统

该成岩系统的特点是储层持续埋藏,虽然受构造作用一度抬升,但成岩作用无明显间断。随着上覆沉积物的不断增加,地温逐渐升高,成岩作用表现为准同生—浅埋—深埋的过程。研究区长6段以下延长组主要为该成岩系统(不包括部分受淋滤作用的长6段)。长6段以下地层在印支运动前均经历了早期浅埋成岩作用,主要为机械压实作用和泥质薄膜胶结作用^[1],随后由于构造运动的抬升变浅,除部分长6段地层出露地表进入表生成岩阶段外,大部分地层并未受大气淡水的淋滤作用。燕山期的抬升作用使鄂尔多斯地台隆升,并发生构造反转^[12],但研究区储层仍深埋地下,处于深埋成岩环境。

2.2 中间开启型成岩系统

部分长6段及长4+5段储层为典型的中间开启型成岩系统。长6地层沉积后,以机械压实作用和泥质薄膜胶结作用为主。随后由于印支运动的抬升而暴露地表,遭受大气淡水的淋滤作用,储层中形成的泥质薄膜受到溶蚀,长石及部分易溶岩屑也受到不同程度的溶蚀,形成大量的蚀变高岭石。之后,随着延安组沉积,再次埋藏加深,表生淋滤作用形成的大量溶蚀孔隙被浅埋压实作用和胶结作用不同程度地破坏,到白垩纪末进入深埋阶段,遭受有机酸的溶蚀及铁方解石和自生矿物的充填,至今长6处于深埋成岩阶段。

2.3 长期浅埋开启型成岩系统

延安组储层多属于此种成岩系统。延安组储层沉积后至燕山运动前一直处于浅埋沉积环境,以压实作用为主。燕山Ⅱ幕运动时被抬升至地表,遭受大气淡水淋滤,燕山Ⅱ幕运动后一直到现在仍处于浅埋成岩环境,地层水矿化度较长6低很多。该类储层以成岩强度低,胶结疏松,物性好且以原生粒间孔隙为特征。

3 泥岩欠压实特征

泥岩中的欠压实往往与快速埋藏、烃源岩排

烃不畅及构造抬升有关^[13-14]。在正常情况下,泥岩的声波时差与埋深在半对数坐标系中常表现为一直线,当出现欠压实带时,泥岩压实曲线则偏离这一正常的趋势。通过研究区大量钻井的泥岩压实曲线(图3),发现在500 m左右,有一快速压实段,该段对应于白垩纪地层,在整个鄂尔多斯盆地均有这种特征。直罗组(包括直罗组)以上至500 m处,压实曲线平缓,声波时差值从270 $\mu\text{s}/\text{m}$ 左右缓慢降低减至240 $\mu\text{s}/\text{m}$ 左右,由于上覆压力不大、地温不高,岩层压力仅作用于岩石骨架而没有作用于岩层流体上,因此,孔隙流体压力为静水压力,该段地层处于开放体系。延安组地层,随着埋深的增加,压实曲线开始变陡。延长组声波时差开始升高,说明延长组地层已从直罗组的开放体系向封闭体系转变。进入延长组长7地层后,出现欠压实,欠压实层段主要分布在1 900~2 400 m左右,对应层位主要是延长组长7段中下部和长8段上部。该欠压实的形成主要与主力烃源岩的排烃及快速沉积有关。说明从早白垩世末大规模生排烃开始到现在,主力烃源岩“排烃作用”在持续进行。

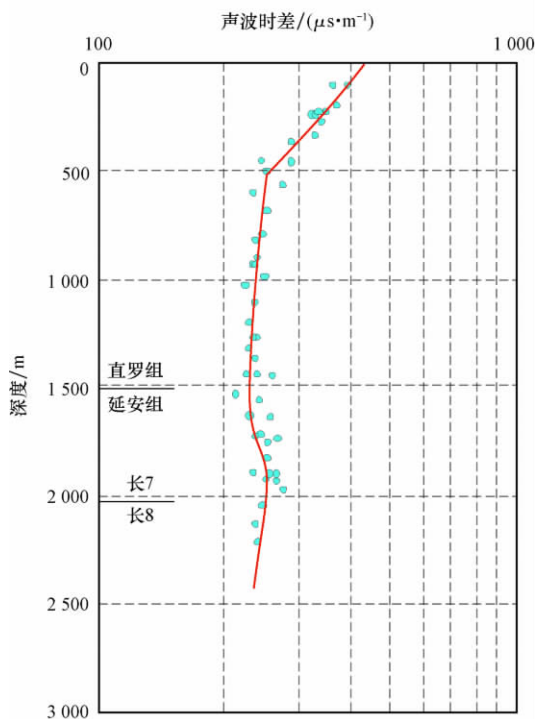


图3 研究区泥岩压实曲线

Fig. 3 Characteristic curve of mudstone compaction in the study area

4 成藏动力学系统

油气藏的形成是含油气盆地在地球动力学背景下,由沉积动力学、热动力学、化学动力学和流体动力学综合作用的结果,成藏动力学系统包括成藏基本要素和动力学条件以及这些成藏动力学条件在地质历史中有机匹配所发生的动力学过程及结果^[15]。镇泾地区不同层系,油气来源、输导体系 and 储层等成藏要素以及油气成藏的动力学条件存在一定差异,从而形成不同的成藏动力学机制。根据镇泾地区泥岩异常压力的分布、成岩作用、油藏形成条件和系统的封闭性,将延长组—延安组油藏成藏动力学机制划分为3种类型(图4)。

4.1 自源高压封闭成藏动力学系统

以这类成藏动力学机制形成的油藏主要为长7、长8和部分长6段油藏。华北与扬子地块从晚二叠世开始由东向西逐渐呈剪刀状缝合^[16],直到晚三叠世印支期,秦岭洋最终关闭,华北与扬子拼合对接,秦岭地区全面碰撞造山^[17],这次板块碰撞(215 Ma)在鄂尔多斯湖盆主要表现为火山喷发和湖盆中心从志丹向西南迁移至环县—华池—庆阳一带^[18]。研究区长7处于深湖相沉积,火山喷发产生的凝灰岩常吸附放射性元素,这些放射性物质产生的大量游离氢与碳结合,形成优质烃源岩,为中生界油藏提供了充足的油源^[19],长7段属于欠压实带,流体压力异常高。储集砂体为烃源岩上、下的三角洲前缘分流河道砂体和少量的浊积岩,紧邻巨厚的生油岩,这部分储层岩性致密,如果油气要克服毛细管压力进入储层,则平均需要100 m高的连续油柱,对于10~20 m厚的砂岩来说,按现在的构造计算,则至少需要10 km的连通砂岩^[20],通过目前的勘探情况来看显然是不可能的,所以浮力并不是该类型油藏油气二次运移的主要动力,正是异常压力的存在,烃源岩中的油气在过剩压力驱动下以储集层为运移目标,通过裂缝或者储集层进行垂向运移,进入过剩压力相对较低的邻接烃源岩的分流河道砂体中,形成上生下储或下生上储的生储配置关系。长7既为区域性烃源岩,又可作为区域性盖层,具有良好的生储盖组合,所以长8段、长6段具有良好的油气勘探潜力。

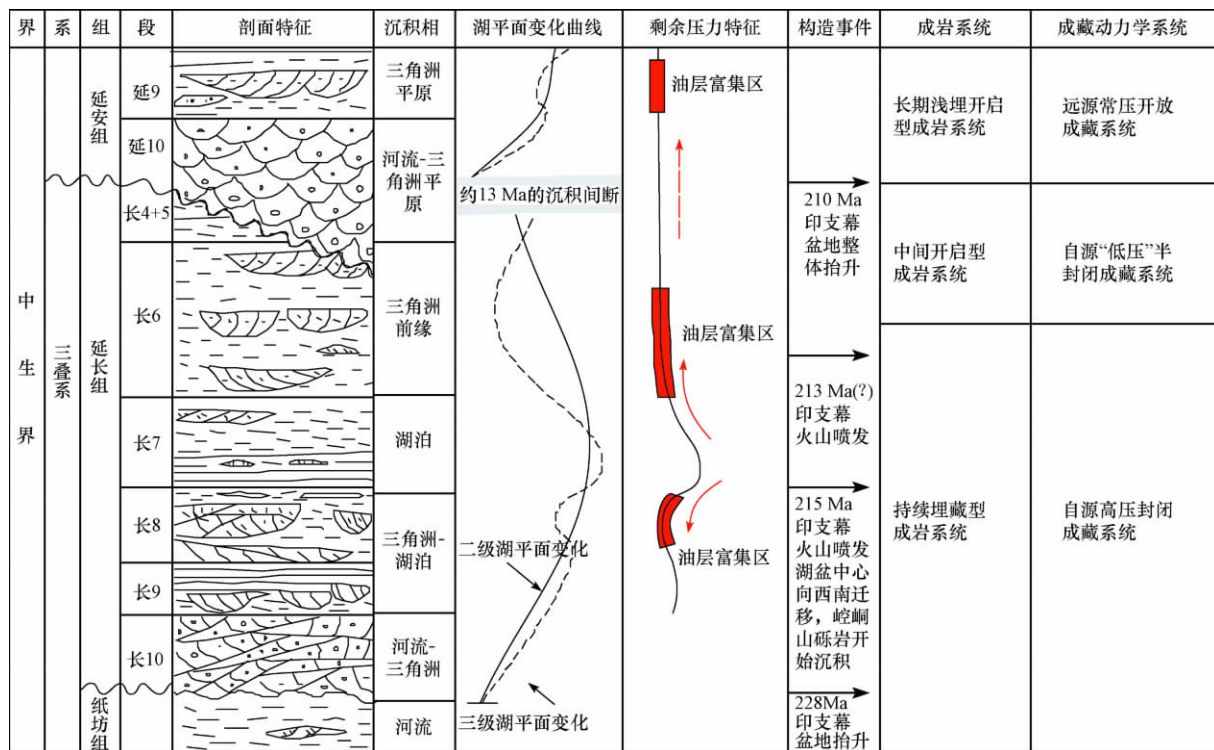


图4 鄂尔多斯盆地镇泾地区中生界成藏动力模式

Fig. 4 Dynamic models of hydrocarbon accumulation in Zhenjing area, the Ordos Basin

4.2 自源“低压”半封闭成藏动力学系统

这类油藏主要分布在部分长6段和长4+5段中,油气仍主要来自长7段。部分长6段和长4+5段由于印支期(210 Ma)的剥蚀作用,造成卸压,与长7过剩压力相比,形成一个“低压”区,是油气运移的指向。储集体主要为受大气淡水淋滤的砂岩,烃源岩生成的油气在异常压力下,通过裂缝向上运移至储集层中,由于这部分储层物性相对较好,油气通过不整合面下的淋滤带砂岩进行一定距离的运移,所以油气的富集主要受前侏罗纪古地貌及储层物性的双重控制。因此近源岩、古地貌位置高且接收风化淋滤作用的储层是今后有利的勘探层系^[21]。

4.3 远源常压开放成藏动力学系统

研究区内延安组储层多属于此种成岩系统。该油层组中油气来自其下部烃源岩,特别是长7段。由于研究区延安组一直处于浅埋环境,为正常压力。下部油气通过裂缝向上运移至该类砂体中成藏,由于延9段储集体主要为三角洲平原相分流河道砂体,砂体发育,储集物性好,流体易于

在其中发生侧向运移,盖层为沼泽相泥岩。油气常常分布在构造的高部位,以油帽子的形式出现(图2)。该成藏系统的储层远离烃源岩,但储层具有物性好的特点,所以具有高产量低储量的特点。

5 成藏动力系统的成藏作用

长7段烃源岩的有机质丰度、类型、特别是成熟度决定了这个成藏动力系统油气的类型和丰度^[2]。镇泾地区长7油层组内的暗色泥岩为良好的烃源岩,在经历了中侏罗世晚期的热事件后进入生烃门限^[23-27],并开始排烃,于早白垩世末达到生油高峰期^[28-31],油气运移的主要驱动力为下部(1 900~2 400 m附近)的过剩压力。在自源高压封闭和自源“低压”半封闭成藏系统中,油气主要凭借异常压力沿着输导体和裂缝运移至烃源岩附近的圈闭聚集、充注、成藏,形成自源油气藏。形成油藏后,由于储层致密,排驱压力大,油水分离不彻底,油气并没有发生大规模的侧向运移。而延安组油藏为延长组油藏被破坏后形成的次生油藏,油气进入延安组储层后,在储层中发生侧向运

移,于构造高部位聚集成藏,形成远源常压开放油藏。自源成藏系统离烃源岩近,远源成藏系统的储层孔渗性更好,因此在生烃充足的条件下,裂缝起沟通作用,两者均可形成大型油气藏。

6 结论

1) 根据烃源岩、储层物性、泥岩欠压实及成岩作用研究可以将镇泾中生界成岩系统划分为自源高压封闭成藏动力学系统、自源“低压”半封闭成藏动力学系统和远源常压开放成藏动力学系统3种。

2) 对于自源高压封闭油藏,由于储层致密,油气运移阻力较大,为典型的成岩圈闭,油藏的形成主要受控于储层,勘探的重点为寻找高效储层及裂缝发育带,而高效储层往往发育在长7段湖侵前湖盆底形较高的水下分流河道砂体中。

3) 对于自源“低压”半封闭油藏,受大气淡水淋滤改造的储层是勘探的重点,这部分储层主要发育在前侏罗纪古地貌斜坡中。

4) 远源常压开放油藏的勘探重点是圈闭问题,古地貌转折处或河道砂岩发育处,易受差异压实作用形成圈闭。

参 考 文 献

- [1] 长庆油田石油地质编写组. 长庆油田 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1987.
Editorial Board for Petroleum Geology of Changqing Oil Field. Changqing oil field [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1987.
- [2] 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.
He Zixin. Evolution and petroleum of Ordos Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003.
- [3] 郭正权, 张立荣, 楚美娟, 等. 鄂尔多斯盆地南部前侏罗纪古地貌对延安组下部油藏的控制作用 [J]. 古地理学报, 2008, 10(1): 63–69.
Guo Zhengquan, Zhang Lirong, Chu Meijuan, et al. Pre-Jurassic palaeogeomorphic control on the hydrocarbon accumulation in the Lower Yan'an Formation in southern Ordos Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 2008, 10(1): 63–69.
- [4] 王道富. 鄂尔多斯盆地特低渗透油田开发 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2007.
Wang Dao-fu. Ordos Basin extra low permeability oilfield development [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2007.
- [5] 赵文智, 胡素云, 汪泽成, 等. 鄂尔多斯盆地基底断裂在上三叠统延长组石油聚集中的控制作用 [J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(5): 1–5.
Zhao Wenzhi, Hu Suyun, Wang Zecheng, et al. Key role of basement fault control on oil accumulation of Yanchang Formation, Upper Triassic, Ordos Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(5): 1–5.
- [6] 周文, 刘飞, 戴建文, 等. 镇泾地区中生界油气成藏影响因素 [J]. 油气地质及采收率, 2008, 15(2): 5–8.
Zhou Wen, Liu Fei, Dai Jianwen, et al. Factors influencing Mesozoic oil and gas reservoirs in Zhen-Jing area [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2008, 15(2): 5–8.
- [7] 丁晓琪, 张哨楠, 刘岩. 鄂尔多斯盆地南部镇泾油田前侏罗纪古地貌与油层分布规律 [J]. 地球科学与环境学报, 2008, 30(4): 385–388.
Ding Xiaoqi, Zhang Shaonan, Liu Yan. Relationship between Pre-Jurassic palaeogeomorphology and oil distribution of Zhen-jing oilfield in South Ordos Basin [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2008, 30(4): 385–388.
- [8] 赵俊兴, 陈洪德, 时志强. 古地貌恢复技术方法及其研究意义——以鄂尔多斯盆地侏罗纪沉积前古地貌研究为例 [J]. 成都理工学院学报, 2001, 28(3): 260–266.
Zhao Junxing, Chen Hongde, Shi Zhiqiang. The way and implications of rebuilding palaeogeomorphology taking the research of palaeogeomorphology of the Ordos Basin before Jurassic deposition as example [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2001, 28(3): 260–266.
- [9] 刘林玉, 曹青, 柳益群, 等. 白马南地区长8₁砂岩成岩作用及其对储层的影响 [J]. 地质学报, 2006, 80(5): 712–718.
Liu Linyu, Cao Qing, Liu Yiqun, et al. Chang 8₁ Sandstone Diagenesis and the Influence on Chang 8₁ Reservoir of south Area of Baima, Ordos Basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(5): 712–718.
- [10] 牟泽辉, 朱宏权, 张克银, 等. 鄂尔多斯盆地南部中生界成油体系 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
Mou Zehui, Zhu Hongquan, Zhang Keyin, et al. Petroleum system of Mesozoic in the south of Ordos Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001.
- [11] 丁晓琪, 张哨楠. 鄂尔多斯盆地西南缘中生界成岩作用及其对储层物性的影响 [J]. 油气地质及采收率, 2011, 18(1): 18–22.
Ding Xiaoqi, Zhang Shaonan. Diagenesis and effect on physical property of Mesozoic reservoir, southwestern Ordos Basin [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2011, 18(1): 18–22.
- [12] 丁晓琪, 张哨楠, 葛鹏莉, 等. 鄂南延长组绿泥石环边与储集性能关系研究 [J]. 高校地质学报, 2010, 16(2): 247–254.
Ding Xiaoqi, Zhang Shaonan, Ge Pengli, et al. Relationship between reservoir properties and chlorite rims: a case study from Yanchang Formation of South Ordos Basin, North China [J]. Geological Journal of China Universities, 2010, 16(2): 247–254.

- [3] 徐黎明,周立发,张义楷,等. 鄂尔多斯盆地构造应力场特征及其构造背景 [J]. 大地构造与成矿学,2006,30(4): 455-462.
Xu Liming, Zhou Lifa, Zhang Yikai, et al. Characteristics and tectonic setting of tectono-stress field of Ordos Basin [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2006, 30(4): 455-462.
- [4] Jansa L F, Noguera urea V H. Geology and diagenetic history of overpressured sandstone reservoir, Venture gas field, off-shore Nova Scotia, Canada [J]. AAPG Bulletin, 1990, 74(10): 1640-1658.
- [5] Lubanzadio M, Goult N R, Swarbrick R E. Dependence of sonic velocity on effective stress in North Sea Mesozoic mudstones [J]. Marine and Petroleum Geology, 2006, 23(6): 647-653.
- [6] 田世澄,毕研鹏. 论成藏动力学系统 [M]. 北京: 地质出版社, 2000: 3-20.
Tian Shicheng, Bi Yanpeng. Dynamic pool-formation system [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000: 3-20.
- [7] 刘池洋,赵红格,桂小军,等. 鄂尔多斯盆地演化-改造的时空坐标及其成藏(矿)响应 [J]. 地质学报, 2006, 80(5): 617-638.
Liu Chiyang, Zhao Hongge, Gui Xiaojun, et al. Space-Time Coordinate of the Evolution and Reformation and Mineralization Response in Ordos Basin [J]. Acta Geological Sinica, 2006, 80(5): 617-638.
- [8] 张国伟,张本仁,袁学诚,等. 秦岭造山带与大陆动力学 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.
Zhang Guowei, Zhang Benren, Yuan Xuecheng, et al. Qinling orogenic belt and continental dynamics [M]. Beijing: Science Press, 2001.
- [9] 邓秀芹,蔺晓昉,刘显阳,等. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组沉积演化及其与早印支运动关系的探讨 [J]. 古地理学报, 2008, 10(2): 159-166.
Deng Xiuqin, Lin Fangxiao, Liu Xianyang, et al. Discussion on relationship between sedimentary evolution of the Triassic Yanchang Formation and the Early Indosinian Movement in Ordos Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 2008, 10(2): 159-166.
- [10] 张文正,杨华,彭平安,等. 晚三叠世火山活动对鄂尔多斯盆地长7优质烃源岩发育的影响 [J]. 地球化学, 2009, 38(6): 573-582.
Zhang Wenzheng, Yang Hua, Peng Pingan, et al. The influence of late Triassic volcanism on the development of Chang 7 high grade hydrocarbon source rock in Ordos Basin [J]. Geochimica, 2009, 38(6): 573-582.
- [11] Liu Xinshe, Xi Shengli, Huang Daojun. Dynamic conditions of Mesozoic petroleum secondary migration, Ordos Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2008, 35(2): 143-147.
- [12] 李元昊,刘建平,梁艳,等. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组低渗透岩性油藏成藏物理模拟 [J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(6): 706-713.
Li Yuanhao, Liu Jianping, Liang Yan, et al. Physical simulation of hydrocarbon accumulation in low-permeability lithologic reservoirs: an example from the Yanchang Formation in the Upper Triassic of the Ordos Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(6): 706-713.
- [13] 丁晓琪,张哨楠. 镇泾地区延长组碎屑岩古风化壳研究 [J]. 西南石油大学学报, 2010, 32(4): 16-19.
Ding Xiaoqi, Zhang Shaonan. Study on the weathered crust of conglomerate in Upper Triassic Yanchang Formation of Zhenjing field [J]. Journal of Southwest Petroleum University, 2010, 32(4): 16-19.
- [14] 田世澄,孙自明,傅金华,等. 论成藏动力学与成藏动力系统 [J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(2): 131-138.
Tian Shicheng, Sun Ziming, Fu Jinhua, et al. A discussion on dynamics and dynamic system for hydrocarbon migration and accumulation [J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(2): 131-138.
- [15] 赵孟为, Behr H J. 鄂尔多斯盆地三叠系镜质体反射率与地热史 [J]. 石油学报, 1996, 17(2): 15-23.
Zhao Mengwei, Hans-Jurgen Behr. Vitrinite reflectance in Triassic with relation to geothermal history of Ordos Basin [J]. Acta petrolei sinica, 1996, 17(2): 25-23.
- [16] 李仲东,郝蜀民,李良,等. 鄂尔多斯盆地上古生界气藏与深盆气藏特征对比 [J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(2): 149-155.
Li Zhongdong, Hao Shumin, Li Liang, et al. Comparison between the Upper Paleozoic gas reservoirs in Ordos Basin and deep basin gas reservoirs [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(2): 149-155.
- [17] Zhao Mengwei, Behr H J, Ahrendt H. Thermal and tectonic history of the Ordos Basin, China: evidence apitite fission track analysis, vitrinite reflectance and K-Ar dating [J]. AAPG Bulletin, 1996, 80(7): 1110-1134.
- [18] 丁晓琪,张哨楠,谢世文,等. 鄂尔多斯盆地西缘麻黄山地区中生界油藏富集规律 [J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(6): 726-731.
Ding Xiaoqi, Zhang Shaonan, Xie Shiwen, et al. Hydrocarbon accumulation pattern in the Mesozoic of Mahuangshan area in the western margin of the Ordos Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(6): 726-731.
- [19] Magoon L B, Dow W G. The petroleum system-from source to trap [M]. AAPG Memoir, 1994, 60: 3-22.
- [20] 罗晓容,张刘平,杨华,等. 鄂尔多斯盆地陇东地区长8¹段低渗油藏成藏过程 [J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(6): 770-778, 837.
Luo Xiaorong, Zhang Liuping, Yang Hua, et al. Oil accumulation process in the low-permeability Chang-8¹ member of Longdong area, the Ordos Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(6): 770-778, 837.
- [21] Bradley A D, Michael D J. Organic geochemistry of oil and source rock strata of the Ordos Basin, north-central China [J]. AAPG Bulletin, 2007, 91(9): 1273-1293.