文章编号：0253-2697(2008)02-0226-05

鄂尔多斯盆地伊-陕斜坡山西组2段包裹体古流体压力分布及演化

刘建章[1] 陈红汉[1] 李 剑[2] 胡国艺[2] 单秀琴[2] 陈 雷[3]

(1. 中国地质大学资源学院 湖北武汉 430074；2. 中国石油勘探开发研究院廊坊分院 河北廊坊 065007；
3. 中国石油长庆油田公司第一采油厂 陕西延安 716000)

摘要：对鄂尔多斯盆地伊-陕斜坡上古生界太原组—山西组砂岩储层中流体包裹体样品进行了分析，将该储层中油气成藏划分为6个期次。结合埋藏史分析，确定了6期油气成藏发生的时间。运用流体包裹体*PVT*热动力学模拟的方法，获得了6期油气成藏时的古压力数据。对山2段6期次古压力时空分布及演化规律分析表明，区域构造和热史演化是古压力的主要控制因素，可将古压力演化划分为气藏形成初期的常压—成藏高峰期超压—成藏期后萎缩形成低压3个阶段。

关键词：鄂尔多斯盆地；上古生界；流体包裹体；古压力分布；热动力学模拟
中图分类号：TE112.12 **文献标识码**：A

Paleo-fluid pressure distribution and evolution of inclusions in the second member of Shanxi Formation in Yi-Shan Slope of Ordos Basin

LIU Jianzhang[1] CHEN Honghan[1] LI Jian[2] HU Guoyi[2] SHAN Xiuqin[2] CHEN Lei[3]

(1. *Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan* 430074, *China*;
2. *Langfang Branch Institute, PetroChina Exploration and Development Research Institute, Langfang* 065007, *China*;
3. *No.* 1 *Oil Production Factory, PetroChina Changqing Oilfield Company, Yan'an* 716000, *China*)

Abstract: The fluid inclusion samples of sandstone reservoir in the Taiyuan and Shanxi formations of the Upper Paleozoic were analyzed in Yi-Shan Slope of Ordos Basin. The hydrocarbon charging period in the sandstone reservoirs can be divided into six times. The six charging times were determined by integrating the average homogenization temperature with burial historical curves. By employing the PVT thermodynamic modeling of fluid inclusions, the paleo-fluid pressures of the six hydrocarbon charging times were obtained. The paleo-fluid pressures distribution and evolution of the second member of Shanxi Formation showed that the evolution of regional tectonics and geothermal history mainly controlled the paleo-fluid pressure. The paleo-fluid pressure evolution was divided into three stages of hydrostatic pressure in the prophase stage, overpressure in the developing stage and subnormal pressure in the shrinking stage.

Key words: Ordos Basin; Upper Paleozoic; fluid inclusions; paleo-fluid pressure distribution; thermodynamic modeling

成岩矿物中的流体包裹体是油气在不同演化阶段所捕获的"原始样品"，含有丰富的油气成藏信息，从而得到广泛应用[1]。通过对成岩矿物中流体包裹体进行系统研究，可以比较准确地计算出各期次包裹体形成时的捕获压力，并可近似地作为各期油气成藏时的古流体压力[2]。传统的计算包裹体的捕获压力的方法不仅理论依据不足，且有一定的局限性。近年来发展起来的流体包裹体*PVT*热动力学模拟方法相对简单，且效果较好，得到广泛关注与应用[3-5]。

鄂尔多斯盆地是我国第二大含油气盆地，主体部分为一向西倾斜、倾角不足1°的大型平缓斜坡，称为伊-陕斜坡，面积约$9.0\times10^4 km^2$。上古生界致密砂岩储层中普遍钻遇天然气，被认为是特大型深盆气藏[6-9]。有关气源岩、储层、今压力特征及成因方面已有较为详细的研究[6-13]，对其古压力特征也进行了有益的探索[14-15]，但缺乏对各成藏时期古压力场分布和时空演化的研究。笔者对伊-陕斜坡上古生界储层成岩矿物中的流体包裹体进行系统分析，应用CASELP

基金项目：教育部科学技术研究重点项目"海相碳酸盐岩缝-洞输导体系油气运聚机理研究"(No.106113)资助。
作者简介：刘建章，男，1976年9月生，2005年获中国地质大学(武汉)硕士学位，现为中国地质大学(武汉)在读博士研究生，主要研究方向为石油天然气地质学。E-mail:liujzh@126.com

公司的 PVT 热动力学模拟软件 VTFLINC 计算各期次包裹体形成古压力，探讨其分布和时空演化规律，为该区天然气勘探提供理论依据。

1　样品采集与处理

本研究采集了 68 口井本溪组—盒 8 段致密砂岩储层中 110 块流体包裹体样品，对其进行了荧光观察及荧光光谱分析。考虑到样品在平面和垂向上分布的均匀性，对伊-陕斜坡上古生界太原组—山西组的 75 块样品进行了成岩流体包裹体显微测温、测盐等系统分析。在测定成岩流体包裹体时，优选最能反映成岩环境的石英颗粒次生加大边中的流体包裹体和与烃类包裹体共生的同期盐水包裹体，且每块样品均尽量测全，以获得各个期次的数据。

成岩流体包裹体显微测温、测盐使用的是 Linkam 公司的最新产品 THMS 600G 自动冷热台，测定误差为 ±0.1℃；显微镜为日本产 Olympus，另配 100 倍长焦工作镜头。均一温度测定时的升温速率为 4～5 ℃/min。测定出包裹体冰点时的降温速率为 6～8 ℃/min。

2　流体包裹体特征及油气运移和成藏时期

2.1　流体包裹体特征

鄂尔多斯盆地上古生界太原组—山西组砂岩储层中微裂纹和石英颗粒次生加大边发育，最多可见 4 期加大边，常见 1～2 期。流体包裹体主要发育于石英微裂纹和次生加大边中，胶结物中数量较少。流体包裹体的数量多，类型丰富，但绝大部分为不发荧光的盐水包裹体和气体包裹体。有机包裹体个体较小，以含溶解轻烃盐水包裹体、富气态烃包裹体和纯天然气单相包裹体为主，而油包裹体相对数量少，以发蓝色和蓝白色荧光为主，少量发黄色荧光。表明本区以天然气充注为主，但有一定量的油充注。

2.2　油气运移和成藏时期

对流体包裹体进行了荧光观察、显微测温、测盐及成岩作用研究，综合分析表明，鄂尔多斯盆地上古生界太原组—山西组油气充注具有多阶连续性特征，具体可划分为 6 期，并以第 2 期至第 6 期的天然气充注为主。结合埋藏史分析，6 期次油气充注时间大致可划分为：①晚三叠世中期—早侏罗世中期（T_3 中—J_1 中）；②早侏罗世中期—中侏罗世中期（J_1 中—J_2 中）；③中侏罗世中期—中侏罗世末期（J_2 中—J_2 末）；④中侏罗世末期—早白垩世中早期（J_2 末—K_1 中早期）；⑤早白垩世中早期—早白垩世中晚期（K_1 中早期—K_1 中晚期）；⑥早白垩世中晚期—早白垩世末期（K_1 中晚期—K_1 末期）。晚三叠世中期—早侏罗世中期仅有少量的天然气和油充注；早侏罗世中期—早白垩世末期有一定量的高成熟度油和大量天然气充注；早侏罗世中期—早白垩世末期是鄂尔多斯盆地伊-陕斜坡上古生界的主要成藏时期[16]。

3　油气成藏古压力热动力学模拟

流体包裹体 *PVT* 热动力学模拟的基本原理是：运用同期盐水包裹体和含烃或烃类包裹体化学体系在 *P-T* 空间投影的等容线单值变化和不同组成流体包裹体等容线在此 *P-T* 空间只相交一次的物理特性，确定烃类流体包裹体的最小捕获压力[2-5]。

运用流体包裹体 *PVT* 热动力学模拟软件——VTFLINC 模拟流体包裹体的最小捕获压力时，须知道盐水包裹体的均一温度及其共生的同期含烃盐水包裹体或烃类包裹体的均一温度、气/液比和流体相的组成。均一温度由显微测温获得。用带 100 倍 8 mm 长焦工作镜头的 Olympus 显微镜测定室温压条件下流体包裹体气、液直径，计算其半径的立方比值，近似作为其气液比；把用真空研磨仪外接四极质谱仪获得的群体包裹体化学成分作为测定各期次包裹体的“平均成分”。

把上述各参数输入 VTFLINC 模拟软件，即可以获得热动力学模拟 *P-T* 相图及相应的最小捕获压力，如榆 32 井山 2 段 2 952 m 样品，获得了 4 个期次流体包裹体的最小捕获压力数据点（表 1 和图 1）。运用该

表 1　榆 32 井山西组 2 段包裹体热动力学模拟结果

Table 1　Modeling data of fluid inclusions in the second member of Shanxi Formation in Yu 32 Well

样品深度/m	期　次	盐水包裹体均一温度平均值/℃	油包裹体均一温度平均值/℃	油包裹体气液比 %	最小捕获压力/MPa
2 952	2	116.5	87.7	6.5	31.4
	3	128.8	106.1	8.3	35.7
	5	154.9	133.1	11.2	40.5
	6	171.5	151.5	13.5	45.6

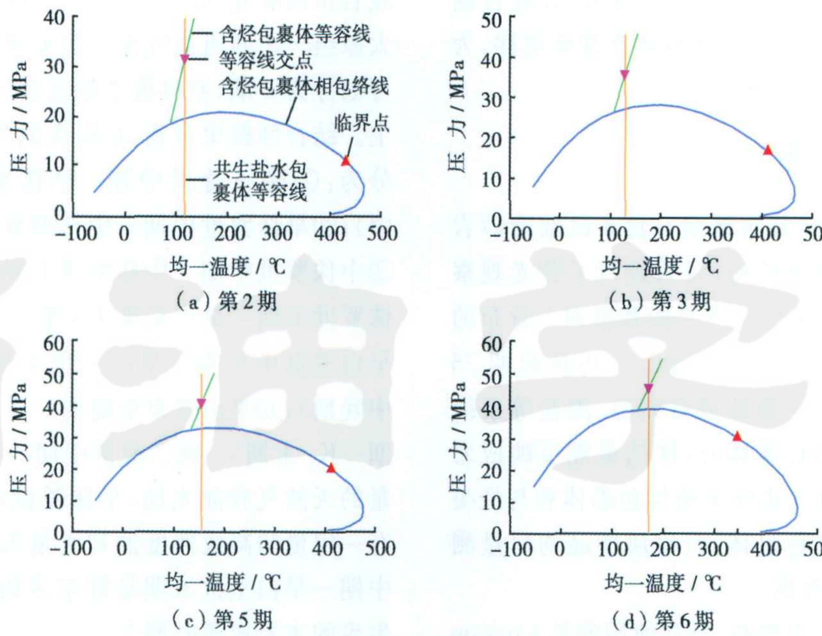

图 1 榆 32 井山西组 2 段流体包裹体古压力模拟相图

Fig. 1 Paleo-fluid pressure facies diagram for fluid inclusions in the second member of Shanxi Formation in Yu 32 Well

方法，共获得了 57 口井太原组—山西组的盐水包裹体与同期油包裹体或含烃盐水包裹体的 194 个"数据对"的最小捕获压力，其中山 2 段有 104 个数据点。

4 古压力热动力学模拟结果

以山 2 段为例，分析了鄂尔多斯盆地伊-陕斜坡上古生界深盆气各成藏时期古压力时空分布及演化特征。

把所测样品各期次盐水包裹体的平均均一温度"投影"到标有温度的精细埋藏史图中，该点在埋藏史图中所对应的高程可作为各成藏期的古高程。古静水压力梯度取值为 0.98 MPa/100 m，即可近似求得各成藏期的古压力系数。对于鄂尔多斯盆地上古生界致密砂岩储层，压力系数在 0.95～1.05 为正常压力，小于 0.95 为异常低压，大于 1.05 为异常高压❶。

4.1 古压力时空分布与演化

第 1 期（T_3 末—J_1 中）：古压力平均值为 23.5 MPa；分布特征为西南高东北低。古压力系数普遍较小，平均为 0.78，分布特征基本与古压力相似；盆地处于低压—正常压力系统[图 2(a)]。

第 2 期（J_1 中—J_2 中）：古压力平均值为 30.6 MPa；分布较复杂，有 2 个高值区：北部以陕 231 井-陕 117 井—榆 24 井为中心，呈东西—东北向带状展布，向北和东南方向降低；南部以陕 13 井区为高值中心，向北和东北方向降低。古压力系数平均为 0.96，与古压力分布特征基本相同，两高值区更为明显；盆地处于正常压力系统[图 2(b)]。

第 3 期（J_2 中—J_2 末）：古压力平均值为 34.0 MPa；表现为两高夹一低的分布特征，低值区位于榆 37 井—榆 20 井区，呈近东南—西北向展布；高值区位于两侧。古压力系数平均为 1.02，分布特征与古压力基本相同；盆地大部分为正常压力，超压局部发育[图 2(c)]。

第 4 期（J_2 末—K_1 中早期）：该期古压力平均值为 38.4 MPa；分布特征表现为西高东低。古压力系数平均为 1.10，西高东低的分布特征更为明显；盆地处于异常超压发育阶段[图 2(d)]。

第 5 期（K_1 中早期—K_1 中晚期）：古压力平均值为 41.1 MPa；分布特征为中部 2 个相对低值区相连，呈南北向的葫芦状；高值区位于其两侧。古压力系数平均为 1.10，分布特征与古压力相似；盆地仍处于超压发育阶段[图 2(e)]。

第 6 期（K_1 中晚期—K_1 末）：古压力平均值为 43.7 MMPa；以榆 43-8 井—榆 32 井为高值区，呈近南北向展布的椭圆形，其南部和东部压力相对较低。古压力系数平均为 1.14，西北高南、东低的特征更为明显；盆地处于超压发育阶段[图 2(f)]。

现今：鄂尔多斯盆地上古生界储层现今压力为 6.94～36.32 MPa，压力系数为 0.75～1.1，平均为 0.92，大部分处于低压系统且主要分布于盆地的中部和北部。总体为周边为正常压力、中部具负压的格局，伊-陕斜坡上变化趋势呈西高东低的特征[6-8,12]。

山 2 段古压力分布与演化的总体特征为：晚三叠

❶魏新善．鄂尔多斯盆地上古生界压力系统研究．中国石油长庆油田公司勘探开发研究院．2002.

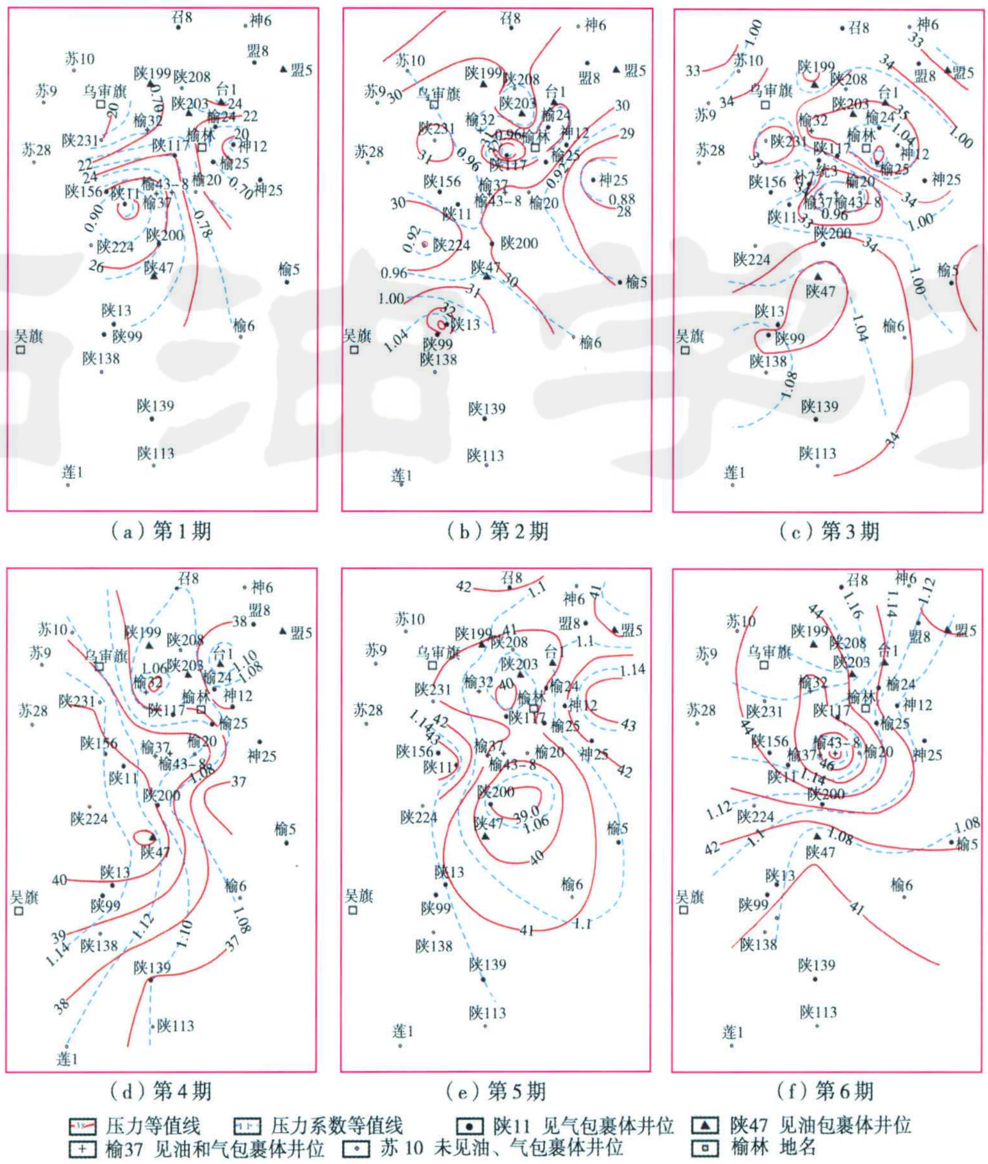

图 2　伊-陕斜坡山西组 2 段各时期古压力和古压力系数平面分布

Fig. 2　Distribution of paleo-fliud pressure and coefficient during the geological periods of the second member of Shanxi Formation in Yi-Shan Slope

世末至早白垩世末，古压力值逐渐增大，早白垩世末达到最大(图3)；晚三叠世末至中侏罗世末期，研究区西

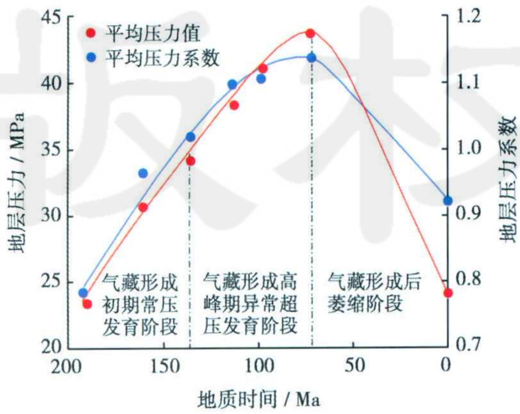

图 3　伊-陕斜坡山西组 2 段各时期古压力演化

Fig. 3　Evolution of paleo-fliud pressure in the second member of Shanxi Formation in Yi-Shan Slope

南部古压力值较大，且高值区从西南向北、东北逐渐推移，基本为正常压力系统；中侏罗世末期至早白垩世中早期，古压力值西高东低；早白垩世中、晚期，古压力相对低值区位于研究区中部，呈南北向的葫芦状，高值区位于其两侧；中侏罗世末至早白垩世末，研究区处于超压发育阶段；现今以低压系统为主，正常压力和异常超压局部发育，且位于周边。

4.2　古压力时空演化主控因素

由盆地热史和构造演化史[11-13]可以看出，本研究获得的山 2 段古压力分布及其演化特征与研究区地质背景基本吻合，且主要受控于区域构造和热史演化。鄂尔多斯盆地煤系地层烃源岩在晚三叠世末受深成热成熟作用而开始生气，且生气强度由南向北减小。在早、中侏罗世末，该盆地受深成热变质作用和局部热力场控制，形成延安—富县—庆阳和乌审旗 2 个生气中

心。因受早、中期燕山运动影响，该时期构造背景为南倾北抬的斜坡，天然气以向北、东北向运移为主，古压力值逐渐增大，且高值区从西南部向北、东北逐渐推移，研究区处于正常压力系统。在晚侏罗世至早白垩世末，受深成热变质作用和构造热事件控制，整个盆地达到生气高峰；受晚燕山运动的影响，构造格局转变为西低东高，天然气以向东和东北方向运移为主，古压力分布呈西高东低的特点，研究区处于超压发育阶段。其后，由于地层抬生剥蚀，源岩埋深变浅，加上热事件消失，烃源岩生气强度减弱，天然气部分散失，研究区古压力逐渐降低，形成现今以低压系统占绝对优势的分布特征。

总的看来，伊-陕斜坡上古生界深盆气藏古压力经历了晚三叠世至中侏罗世末气藏形成初期的常压系统、中侏罗世末至早白垩世末气藏形成高峰期的超压系统和气藏形成后萎缩阶段天然气散失，气藏自我调整形成异常低压系统占绝对优势的 3 个发育阶段(图 3)，与从深盆气成藏机理分析和物理模拟实验获得的结果相吻合[17-18]。

5 结 论

应用储层中流体包裹体 PVT 热动力学模拟的方法，定量恢复不同油气运移阶段的古压力，这是一种方便可行的有效方法。

流体包裹体 PVT 热动力学模拟结果表明，伊-陕斜坡上古生界深盆气藏古压力分布与演化主要受控于区域构造和热史演化，古压力值随天然气的生成逐渐增大。在早白垩世末，盆地生气高峰时期达到最大；在晚三叠世末至中侏罗世末，古压力西南高且逐渐向北、东北方向推移；中侏罗世末期至早白垩世中早期，古压力值西高东低；至早白垩世中晚期，基本形成类似现今的中部低、两侧高的分布格局。

伊-陕斜坡上古生界深盆气藏经历了形成初期的常压系统、形成高峰期的超压系统和萎缩形成低压系统占绝对优势的 3 个发育阶段。

参 考 文 献

[1] 卢焕章，范宏瑞，倪培，等. 流体包裹体[M]. 北京：科学出版社，2004：1-8.
Lu Huanzhang, Fan Hongrui, Ni Pei, et al. Fluid inclusions[M]. Beijing: Science Press, 2004: 1-8.

[2] 陈红汉，董伟良，张树林，等. 流体包裹体在古压力模拟研究中的应用[J]. 石油与天然气地质，2002，23(3)：207-211.
Chen Honghan, Dong Weiliang, Zhang Shulin, et al. Application of fluid inclusion in paleopressure modeling research[J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(3): 207-211.

[3] Aplin A C, Macleod G, Larter S R, et al. Combined use of confocal laser microscopy and PVT simulation for estimating the composition and physical properties of petroleum in fluid inclusions [J]. Marine and Petroleum Geology, 1999, 16(2): 97-110.

[4] Munz I A. Petroleum inclusions in sedimentary basins: Systematics, analytical methods and application[J]. Lithos, 2001, 55(1/4): 195-212.

[5] Chen Honghan, Wang Jiahao, Xie Yuhong, et al. Geothermometry and geobarometry of overpressured environments in Qiongdongnan Basin, South China Sea[J]. Geofluids, 2003, 3(3): 177-187.

[6] 李振铎，胡义军，谭芳. 鄂尔多斯盆地上古生界深盆气研究[J]. 天然气工业，1998，18(3)：10-16.
Li Zhenduo, Hu Yijun, Tang Fang. A study of the deep basin gas in the Upper Paleozoic in Ordos Basin[J]. Natural Gas Industry, 1998, 18(3): 10-16.

[7] 闵琪，杨华，付金华. 鄂尔多斯盆地的深盆气[J]. 天然气工业，2000，20(6)：11-15.
Min Qi, Yang Hua, Fu Jinhua. Deep basin gas in Ordos Basin [J]. Natural Gas Industry, 2000, 20(6): 11-15.

[8] 张金亮，常象春，张金功. 鄂尔多斯盆地上古生界深盆气藏研究[J]. 石油勘探与开发，2000，27(4)：30-35.
Zhang Jinliang, Chang Xiangchun, Zhang Jingong. Deep basin gas trap in the Upper Paleozoic of Ordos Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2000, 27(4): 30-35.

[9] 王金琪. 鄂尔多斯超大型深盆气区三次理论预测及今后展望[J]. 天然气工业，2003，23(3)：1-4.
Wang Jinqi. Theoretically predicting the super large-sized deep-basin gas region in Ordos Basin three times and its prospects[J]. Natural Gas Industry, 2003, 23(3): 1-4.

[10] 冯乔，耿安松，徐小蓉，等. 鄂尔多斯盆地上古生界低压气藏成因[J]. 石油学报，2007，28(1)：33-37.
Feng Qiao, Geng Ansong, Xu Xiaorong, et al. Genesis of low-pressure gas reservoir of the Upper Paleozoic in Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2007, 28(1): 33-37

[11] 刘新社，席胜利，付金华，等. 鄂尔多斯盆地上古生界天然气生成[J]. 天然气工业，2000，20(6)：19-23.
Liu Xinshe, Xi Shengli, Fu Jinhua, et al. Natural gas generation in the Upper Paleozoic in Ordos Basin[J]. Natural Gas Industry, 2000, 20(6): 19-23.

[12] 戴金星，陈践发，钟宁宁. 中国大气田及其气源[M]. 北京：科学出版社，2003：93-126.
Dai Jinxing, Chen Jianfa, Zhong Ningning. Large-sized gas fields and its source in China[M]. Beijing: Science Press, 2003: 93-126.

[13] 杨俊杰. 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律[M]. 北京：石油工业出版社，2002：1-156.
Yang Junjie. Tectonic evolution and oil-gas reservoirs distribution in Ordos Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002: 1-156.

[14] 米敬奎，肖贤明，刘德汉，等. 利用包裹体信息研究鄂尔多斯盆地上古生界深盆气的运移规律[J]. 石油学报，2003，24(5)：46-51.
Mi Jingkui, Xiao Xianming, Liu Dehan, et al. Study on Upper Paleozoic deep basin gas migration in Ordos using inclusion information[J]. Acta Petrolei Sinica, 2003, 24(5): 46-51.

(下转第 234 页)

与天然气地质,1997,18(4):288-293.
Lü Xiuxiang,Hu Xuan. Hydrocarbon accumulation and distribution in Tazhong Low Uplift of Tarim Basin[J]. Oli & Gas Geology,1997,18(4):288-293.
[2] 朱如凯,罗平,何东博,等.塔里木盆地塔中地区志留系柯坪塔格组沉积相与沉积模式[J].古地理学报,2005,7(2):197-206.
Zhu Rukai,Luo Ping,He Dongbo,et al. Sedimentary facies and models of the Kepingtage Formation of Silurian in Tazhong Area,Tarim Basin[J]. Journal of Palaeogeography,2005,7(2):197-206.
[3] 顾家裕.沉积相与油气[M].北京:石油工业出版社,1994:1-310.
Gu Jiayu. Sedimentary facies and oil & gas[M]. Beijing:Petroleum Industry Press,1994:1-310.
[4] 谢晓安,吴奇之,卢华复.塔里木盆地古生代构造格架与沉积特征[J].沉积学报, 1997,15(1):152-155.
Xie Xiao'an,Wu Qizhi,Lu Huafu. Tectonic framework and sedimentary feature of the Tarim Basin in Paleozoic[J]. Acta Sedimentologica Sinica,1997,15(1):152-155.
[5] 侯会军,王伟华,朱筱敏.塔里木盆地塔中地区志留系沉积模式探讨[J].沉积学报,1997,15(3): 41-47.
Hou Huijun,Wang Weihua,Zhu Xiaomin. Study of depositional model of Silurian system in Tazhong Area,Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica,1997,15(3):41-47.
[6] 朱爱国,孟繁有,杨品.塔里木盆地塔中32井沉积相及层序地层分析[J].新疆石油学院学报,1998,10(2):1-9.
Zhu Aiguo,Meng Fanyou,Yang Pin. An analysis on the sedimentary facies and sequence stratigraphy of Tazhong No. 32 well in Tarim Basin[J]. Journal of Xinjiang Petroleum Institute,1998,10(2):1-9.
[7] 陈方鸿,王贵文.塔里木盆地塔中地区志留系测井层序地层学研究[J].沉积学报,1999,17(1):58-62.
Chen Fanghong,Wang Guiwen. On logging-sequence stratigraphy of Silurian in Tazhong Area,Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica,1999,17(1):58-62.
[8] 朱筱敏,王贵文,谢庆宾.塔里木盆地志留系沉积体系及分布特征[J].石油大学学报:自然科学版,2002,26(3):5-11.
Zhu Xiaomin,Wang Guiwen,Xie Qingbin. Characteristics and distribution of depositional systems of Silurian in Tarim Basin[J]. Journal of the University of Petroleum,China:Edition of Natural Science,2002,26(3):5-11.
[9] 胡少华,王庆果,李秀珍.塔里木盆地志留系层序地层划分及沉积体系特征[J].大庆石油学院学报,2007,31(2):8-11.
Hu Shaohua,Wang Qingguo,Li Xiuzhen. Sequence stratigraphic subdivision and sedimentary system characteristics of Silurian in Tarim Basin[J]. Journal of Daqing Petroleum Institute,2007,31(2):8-11.
[10] 郭少斌,洪克岩.塔里木盆地志留系—泥盆系层序地层及有利储层分布[J].石油学报,2007,28(3):44-50.
Guo Shaobin,Hong Keyan. Silurian-Devonian sequence stratigraphy and favorable reservoir distribution in Tarim Basin[J]. Acta Petrolei Sinica,2007,28(3):44-50.
[11] 冯有良,邱以刚.高精度层序地层学在济阳坳陷下第三系隐蔽油气藏勘探中的应用[J].石油学报,2003,24(1):49-52.
Feng Youliang,Qiu Yigang. Application of high-resolution sequence stratigraphy to exploration of Lower Tertiary subtle reservoirs in Jiyang Subbasin[J]. Acta Petrolei Sinica,2003,24(1):49-52.
[12] 王居峰,蔡希源,邓宏文,等.准噶尔盆地腹部侏罗系高分辨率层序地层特征[J].石油学报,2006,27(2):16-19.
Wang Jufeng,Cai Xiyuan,Deng Hongwen,et al. High-resolution sequence stratigraphic characteristics of Jurassic System in the central part of Junggar Basin[J]. Acta Petrolei Sinica,2006,27(2):16-19.
[13] 王显东,姜振学,庞雄奇,等.塔里木盆地志留系盖层综合评价[J].西安石油大学学报:自然科学版,2004,19(4):49-53.
Wang Xiandong,Jiang Zhenxue,Pang Xiongqi,et al. Comprehensive evaluation of sealing ability of Silurian cap rocks in Tarim Basin[J]. Journal of Xi'an Shiyou University:Natural Science Edition,2004,19(4):49-53.

(收稿日期 2007-03-05 改回日期 2007-09-20 编辑 张 怡)

(上接第230页)

[15] 王震亮,张立宽,孙明亮,等.鄂尔多斯盆地神木—榆林地区上石盒子组—石千峰组天然气成藏机理[J].石油学报,2004,25(3):37-43.
Wang Zhenliang,Zhang Likuan,Sun Mingliang,et al. Natural gas accumulation mechanism in Upper Shihezi and Shiqianfeng Formations of Shenmu-Yulin district in northeastern Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinica,2004,25(3):37-43.
[16] 刘建章,陈红汉,李剑,等.运用流体包裹体确定鄂尔多斯盆地上古生界油气成藏期次和时期[J].地质科技情报,2005,24(4):60-66.
Liu Jiangzhang,Chen Honghan,Li Jian,et al. Using fluid inclusion of reservoir to determine hydrocarbon charging orders and times in the Upper Paleozoic of Ordos Basin[J]. Geological Science and Technology Information,2005,24(4):60-66.
[17] 张杰,张金川.深盆气成藏阶段及其压力结构[J].天然气工业,2002,22(4):31-33.
Zhang Jie,Zhang Jinchuan. Accumulating stages and pressure structure of deep basin gas[J]. Natural Gas Industry,2002,22(4):31-33.
[18] 马新华,王涛,庞雄奇,等.深盆气高孔渗富气区块成因机理物理模拟实验与解析[J].石油实验地质,2004,26(4):383-388.
Ma Xinhua,Wang Tao,Pang Xiongqi,et al. Physical simulation experiment and explanation of gas accumulation mechanism in the deep basin gas accumulation region and its high-permeability sand block[J]. Petroleum Geology & Experiment,2004,26(4):383-388.

(收稿日期 2007-01-19 改回日期 2007-11-09 编辑 张 怡)