

# 鄂尔多斯盆地西南部上古生界山西组一段古构造特征及其对油气的控制作用

张宇航<sup>1,2,3</sup>, 赵靖舟<sup>3</sup>, 王永炜<sup>4</sup>, 刘涛<sup>4</sup>, 王文强<sup>3</sup>, 唐文<sup>3</sup>

[1. 中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249; 2. 山东科技大学山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室, 山东 青岛, 266590; 3. 西安石油大学地球科学与工程学院, 陕西 西安 710065; 4. 陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院, 陕西 西安 710075]

**摘要:**基于鄂尔多斯盆地西南部最新地震、地质资料和勘探成果,通过构造演化史分析和古构造恢复等手段,重点研究了鄂尔多斯盆地西南部上古生界山西组一段古构造特征,并分析了古构造对油气分布的控制作用。通过地层对比分析,明确了二叠系山一段的沉积-构造-沉降特征。构造演化史和成藏期次揭示,西南部上古生界构造-成藏关键变革期为侏罗纪末期和早白垩世末期。通过对不同构造演化阶段山一段古构造的恢复,认为三叠纪末期、侏罗纪末期和早白垩世末期上古生界山一段古构造具有继承性和迁移性。其中古隆起和古斜坡在侏罗纪末期发育广泛,西倾斜坡范围呈逐渐收窄趋势,天环拗陷形成于早白垩世末期。在构造变形与成藏期次分析的基础上,认为侏罗纪末期山一段古构造可能是控制鄂尔多斯盆地西南部上古生界气藏分布的关键因素。研究区上古生界天然气缺乏长距离运移的条件,早白垩世末期的油气充注围绕着侏罗纪末期山一段的古构造进行,表现为近源或源内成藏。

**关键词:**油气藏分布;构造演化;古构造;上古生界;鄂尔多斯盆地

**中图分类号:**TE121.2

**文献标识码:**A

## Paleo-structure features in the 1st member of the Upper Paleozoic Shanxi Formation and its influences on gas accumulation in southwestern Ordos Basin

Zhang Yuhang<sup>1,2,3</sup>, Zhao Jingzhou<sup>3</sup>, Wang Yongwei<sup>4</sup>, Liu Tao<sup>4</sup>, Wang Wenqiang<sup>3</sup>, Tang Wen<sup>3</sup>

[1. State Key Laboratory of Petroleum Resources and Prospecting, China University of Petroleum(Beijing), Beijing 102249, China; 2. Shandong Provincial Key Laboratory of Depositional Mineralization & Sedimentary Minerals, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China; 3. School of Earth Sciences and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi 710065, China; 4. Research Institute of Yanchang Petroleum(Group) Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710075, China]

**Abstract:** Based on the latest seismic data, geological understanding and exploration results in the Southwestern Ordos Basin, paleo-deformation characteristics of the 1st member of the Upper Paleozoic were studied using tectonic evolution analysis and paleo-structure restoration, and controlling effects of paleo-structure on hydrocarbon distribution were analyzed. According to the strata correlation, the sedimentary, deformation, and subsidence characteristics of the 1st member of the Permian Shanxi Formation are identified. The tectonic evolution and hydrocarbon accumulation stages revealed that the key periods of the Upper Paleozoic tectono-hydrocarbon accumulation are the Late Jurassic and the end of the Early Cretaceous in the Southwest. Through the restoration of Shan 1 paleo-structure in different tectonic evolution stages, the ancient structure of the Upper Paleozoic Shan 1 in Late Triassic, Late Jurassic and end of Early Cretaceous share similarities but also demonstrate gradual evolution through time. The paleo-uplift and paleo-slope are widely developed in the late Jurassic, while the western slope gradually narrowed and the Tianhuan Depression is formed at the end of the Early Creta-

收稿日期:2017-06-05;修订日期:2017-11-19。

第一作者简介:张宇航(1983年—),男,博士、讲师,含油气盆地分析。E-mail: yhzhang@xsyu.edu.cn。

基金项目:油气资源与探测国家重点实验室开放课题基金项目(PRPOpen-1609);山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室开放基金项目(DMSM2017032);西安石油大学青年科技创新基金项目(2014BS05);国家自然科学基金项目(41604113, 41602158, 41372148);国家自然科学基金国际合作交流项目(41711530128)。

ceous. Based on the analysis of tectonic deformation and hydrocarbon accumulation stages, it is believed that the Late Jurassic Shan 1 paleo-structure is the key factor controlling the distribution of the Upper Paleozoic gas reservoirs in the Southwest Ordos basin. Due to the lack of long-distance migration of the gas in the Upper Paleozoic reservoirs in the study area, the Early Cretaceous hydrocarbon charge is focused around the Late Jurassic ancient structure highs of Shan 1 member. Thus the hydrocarbon accumulation model is characterized by near-source or intra-source accumulation.

**Key words:** reservoir distribution, tectonic evolution, paleo-structure, Upper Paleozoic, Ordos Basin

勘探实践表明,鄂尔多斯盆地古生界天然气资源十分丰富,不仅在下古生界发现了奥陶系靖边气田,而且在上古生界先后发现了榆林、苏里格、乌审旗、神木和子洲等多个大中型气藏(田)<sup>[1-5]</sup>。鄂尔多斯盆地上古生界构造与砂体分布不协调,沉积相变化快<sup>[6]</sup>。上古生界山西组底部的区域性海退面和石盒子组底部的侵蚀不整合面以及首次湖泛面共同控制了气层的发育,气藏平面分布受控于(烃、物)源-(古地)貌-(沉积)相,古构造面貌的不同导致在不同地区发育不同的圈闭类型,形成不同的气藏<sup>[7]</sup>,上古生界天然气具有近距离运移聚集特征<sup>[8]</sup>。盆地内上古生界石炭系-二叠系烃源岩具有广覆式生烃的特点,鄂尔多斯盆地相对稳定的构造背景,区域盖层良好的封盖能力构成了上古生界天然气保存的有利条件,因此盆地内上古生界煤系地层具备大型气藏的形成条件<sup>[9-10]</sup>。盆地内上古生界天然气勘探在中部、西部和东南部均获得突破<sup>[1,4,7-8,11]</sup>。近年来,在盆地西南部天然气勘探中也取得了新的突破,已有7口探井获得工业气流,上古生界山1段、盒8段内普遍含气,预示着盆地西南部上古生界具有良好的天然气勘探前景。

构造作用对鄂尔多斯盆地内煤层形成后的赋存特征具有重要的控制作用<sup>[12]</sup>。在鄂尔多斯盆地漫长的构造演化历史过程中,稳定性和活动性既是对立统一又是相互依存的,它们共同控制着各地质历史时期的沉积-构造格局,为油气成藏奠定了基础<sup>[13]</sup>。尽管普遍认为鄂尔多斯盆地西南部上古生界具有良好的天然气成藏地质条件和勘探潜力,但是对该区上古生界的地质认识还不够深入,致使天然气勘探工作进展缓慢<sup>[4,8,14-15]</sup>。因此,有必要对勘探程度相对较低的鄂尔多斯盆地西南部上古生界古构造特征开展研究。本文以鄂尔多斯盆地西南部上古生界山1段为例,开展构造演化和古构造特征研究,结合现今气藏分布特征,探讨了构造-成藏关键期山1古构造对气藏分布的控制作用。

## 1 区域地质背景

鄂尔多斯盆地是中国陆上第二大含油气盆地,处

于蒙古-兴安造山带与祁连-秦岭造山带之间的华北陆块,是发育在稳定克拉通盆地之上的多旋回叠合盆地,盆地周缘被北部阴山山系、南部秦岭山脉、东侧吕梁山以及西侧的贺兰山等山系所环绕,现今可划分为伊盟隆起、伊陕斜坡、渭北隆起、西缘逆冲带、天环坳陷和晋西挠褶带等构造单元(图1),面积约为 $25 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。盆地南北方向近乎水平,向北有少量抬升,盆地内部构造活动微弱,仅在燕山期构造作用下东部抬升,现今构造格局为西低东高、南低北高,宽缓的西倾单斜<sup>[2-4,9,12-13,16-17]</sup>。

研究区位于鄂尔多斯盆地西南部,西侧与天环坳陷和西缘褶皱冲断带相接,南缘与渭北隆起相接,主研究区位于伊陕斜坡,面积约 $2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。为了更好地认识研究区地质构造特征,根据最新的地震勘探成果,选取了多条横跨研究区的地震测线,结合庆探1、镇探2、庆探3、合探1、合探2、莲54和庆探4等多口钻、录井资料,开展地震资料精细解释。主要解释了白垩系底面、侏罗系底面、三叠系延长组底面、三叠系底面、石炭系-二叠系底面、奥陶系底面、寒武系底面、山1段底面、盒8段底面等9个构造界面。鄂尔多斯盆地沉积以稳定升降为主,盆地西南部在区域上表现为宽缓的西倾单斜,坡度小于 $10^\circ$ 。构造解释认为,鄂尔多斯盆地西南部上古生界及中、新生界沉积地层趋于平缓(图1),地势相对平缓,上古生界无明显断裂构造发育,仅在南部渭北隆起和西侧的天环坳陷内发育一定规模的逆冲断裂和局部构造。

### 1.1 地层特征概述

鄂尔多斯盆地自下至上依次发育元古界、古生界、中生界和新生界沉积层系,仅缺失志留系和泥盆系<sup>[13]</sup>。盆地基底为太古代和早元古代变质岩,盖层为中-晚元古代至第四纪沉积,沉积岩总厚度约为6 000 m。中生界主要发育三叠系延长组和侏罗系延安组两套含油层系,古生界发育下古生界碳酸盐岩和上古生界砂岩两套含气层系<sup>[4]</sup>。

研究区上古生界在经历了加里东运动的抬升剥蚀后,中-晚石炭世整体开始沉降,自下而上依次沉积石

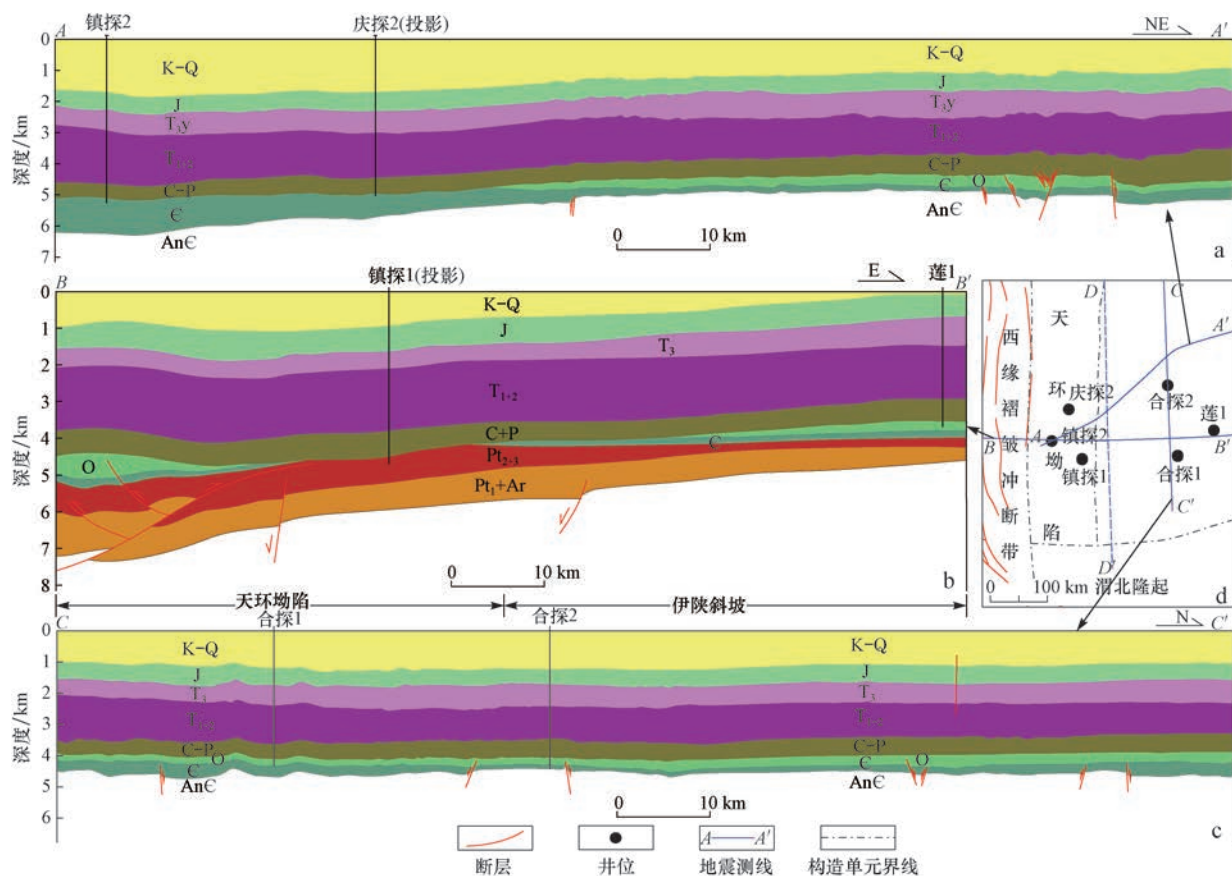


图1 鄂尔多斯盆地西南部构造

Fig. 1 Structure in southwest Ordos Basin

a. 过镇探2—庆探2井地质剖面; b. 过镇探1井地质剖面; c. 过合探1—合探2井地质剖面;  
d. 鄂尔多斯盆地西南部地质简图

炭系本溪组、二叠系太原组、山西组、石盒子组和石千峰组(图2),其中石炭系—二叠系煤层、暗色泥岩是研究区的主力烃源岩,下二叠统太原组海相石灰岩,上石盒子组与石千峰组发育的泥质岩系为稳定盖层[4,8,17-18]。

研究区上古生界石炭系—二叠系整体表现为相对稳定沉积,地层厚度由南西向北东表现为逐渐增厚趋势,平均地层厚度约600~900 m,厚度变化较弱,局部发育低幅度隆起(图3)。宏观上认为上古生界山1和盒8两套沉积地层表现为相对稳定沉积。盒8和山1所对应的地震同相轴在局部地区出现起伏、增厚和减薄等不同的变化特征,说明不同方向沉积厚度不断发生着变化,变化幅度最大可达几十米。

## 1.2 构造变形特征

西南部现今构造格局为南高北低、东高西低的西倾单斜。在靠近天环坳陷和渭北隆起的边缘地区,发育不同规模的逆冲断层等,盆地内部断裂不发育,仅发

育局部较小规模断裂和局部褶皱。

渭北隆起发育基底卷入逆冲断层(图3),断裂规模较大,受构造抬升的影响,渭北隆起中、新生界遭受抬升剥蚀,剥蚀厚度大于1500 m。天环坳陷发育盖层滑脱逆冲断层(图1),推测为晚期鄂尔多斯盆地西南缘逆冲褶皱带的前锋断层,沿着早古生代沉积地层盲冲,断层上盘发育反冲断层,伴生冲起构造的发育,引起了上覆地层的局部隆起。

伊陕斜坡内表现为构造稳定沉积。上古生界无明显断裂发育,受早期中央古隆起隆升作用的影响,古隆起顶部缺失下古生界奥陶系,如宁探1井(图3)和镇探1井(图1),揭示古隆起顶部寒武系出露。

## 1.3 山1段构造特征

根据前人的研究成果,结合研究区主要钻井和地质分层信息,绘制了上古生界山1段厚度与构造图。研究区山1段构造与现今鄂尔多斯盆地构造格局类似,总体呈现出西低东高的西倾单斜构造,构造埋深为1700~3600 m。山1段内无明显断裂发育,地震剖

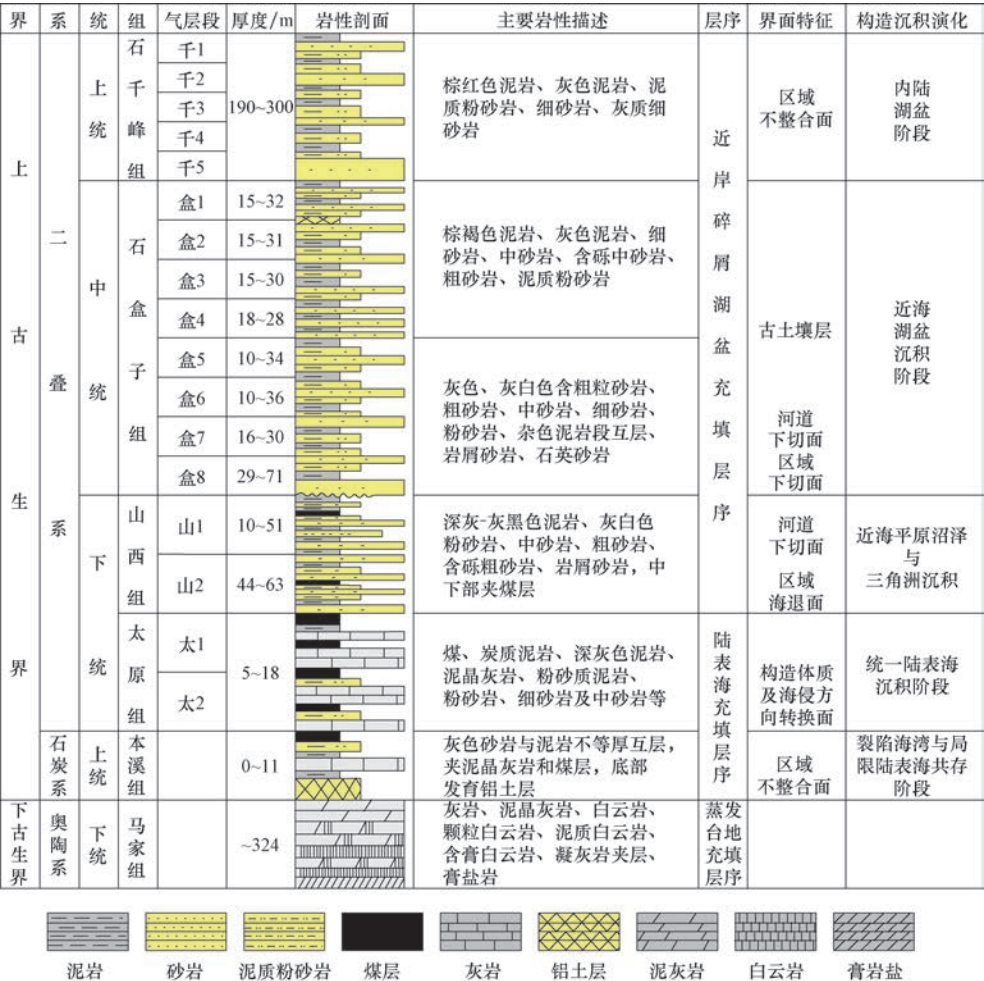


图 2 鄂尔多斯盆地上古生界综合柱状图

Fig.2 Stratigraphic column of the Paleozoic in the Ordos Basin

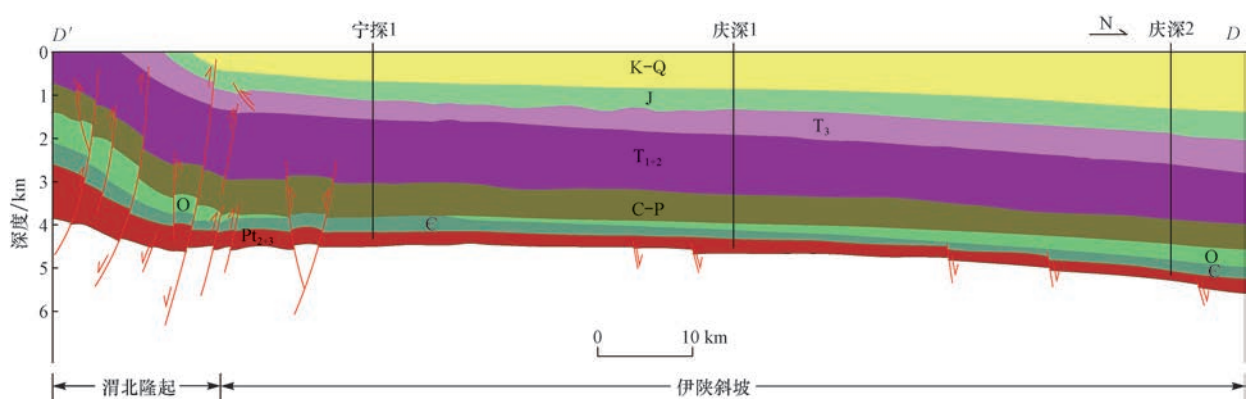


图 3 过鄂尔多斯盆地宁探 1—庆深 2 井地质剖面(测线位置见图 1)

Fig.3 Geological profile across Well Ningtan-1 – Qingshen-2 in the Ordos Basin( see Fig. 1 for the location)

面(图 4)和构造图(图 5b)揭示,山 1 段内发育了一定规模的低幅度褶皱,褶皱轴向为北东-南西。

山 1 地层厚度图(图 5a)揭示,山 1 段沉积厚度约为 20~60 m,残余厚度表现为北东厚、南西薄的沉积特征,不同地区沉积厚度有所不同,发育了局部低洼或低隆区,幅度约为 10 m,研究区存在一定规模的局部构造。考虑到鄂尔多斯盆地上古生界相对稳定的沉积环境,研究区山 1 段沉积厚度的差异,很可能是在继承早期下古生界古构造格局的基础上,沿着古构造顶面形成了山 1 段的差异沉积。



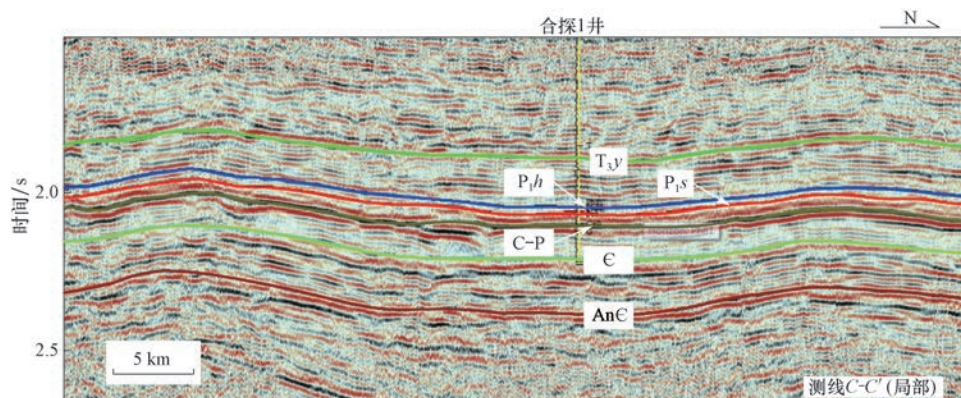


图4 过鄂尔多斯盆地合探1井地震解释剖面

Fig.4 Seismic profile across Well Hetan-1 in the Ordos Basin

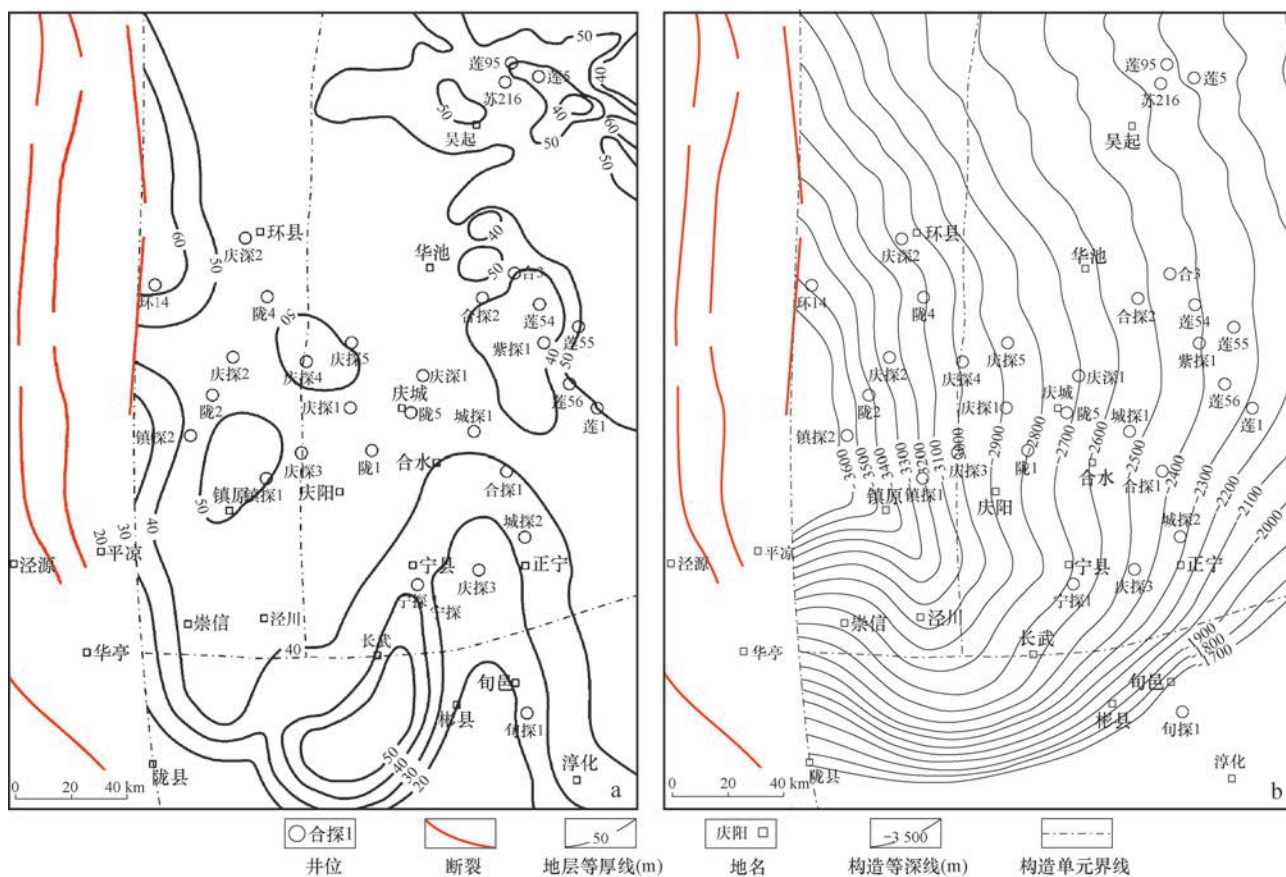


图5 鄂尔多斯盆地西南部山1段沉积-构造简图

Fig.5 Sedimentary-structural map across Well Shan-1 in southwest Ordos Basin

a. 山1段厚度图; b. 山1段构造图

## 2 构造演化特征

鄂尔多斯盆地是在太古代陆核地块的基础上,发育的大型多旋回克拉通盆地,先后经历了中-晚元古代克拉通坳拉谷-拉张阶段、早古生代浅海台地-挤压阶段、晚古生代滨海平原-挤压阶段、中生代前陆盆

地-挤压阶段、新生代周边断陷-拉张阶段等多个构造与沉积演化阶段<sup>[2,12-13,16]</sup>。

平衡剖面技术是分析构造形成演化的重要手段<sup>[19]</sup>。本文利用2DMove平衡剖面软件,在精细地震构造解释的基础上,选取横跨研究区的南北、东西和北东南西向的4条区域地震测线(图1),利用回剥法和去压实校正等方法,编制了各阶段构造演化剖面图(图6)。

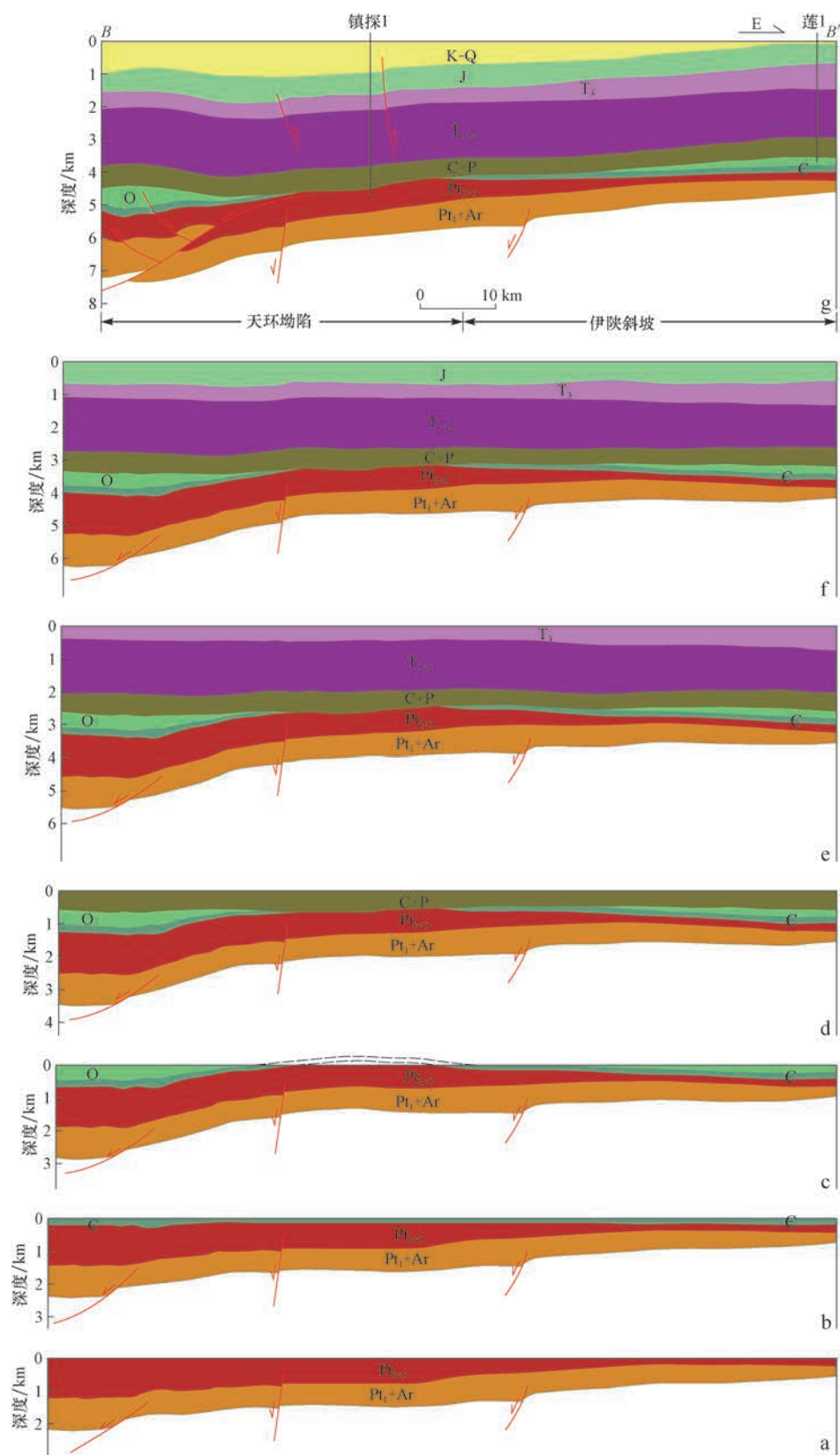


图 6 过鄂尔多斯盆地镇探 1—莲 1 井构造演化剖面(测线位置见图 1)

Fig.6 Tectonic evolution profile across Well Zhentan-1 – Lian-1(see Fig.1 for the location)

a. 寒武系沉积前(元古宙末期); b. 奥陶系沉积前(寒武纪末期); c. 石炭系沉积前(奥陶纪末期); d. 三叠系沉积前(二叠纪末期);  
e. 侏罗系沉积前(三叠纪末期); f. 白垩系沉积前(侏罗纪末期); g. 现今地质剖面

前奥陶纪,鄂尔多斯盆地处于伸展背景下的坳拉谷阶段,研究区内发育了一系列早期基底正断层,这些正断层主要发育在研究区的西缘和南缘,断层规模有限,演化剖面揭示这些正断层发育止于寒武纪末期,受持续伸展作用的持续影响,寒武系沉积厚度向北东方向逐渐减薄。

奥陶纪表现为中央古隆起的持续隆升,奥陶系表现为向古隆起的超覆沉积,沉积厚度由古隆起向周缘逐渐增厚。构造演化剖面揭示,奥陶纪末期,研究区古隆起顶部缺少寒武系、奥陶系沉积,说明受加里东期区域挤压应力的影响,研究区内古隆起持续隆升,古隆起顶部寒武系、奥陶系遭受抬升剥蚀,奥陶纪的挤压应力可能是受到来自华北地块南、北洋壳向地块下俯冲消减而形成对挤力的影响,这种持续挤压应力可能也是研究区志留系、泥盆系及下石炭统沉积中断的主要原因。综合认为,研究区奥陶纪处于伸展-挤压的转换期。

石炭纪—二叠纪末期揭示石炭系—二叠系沉积厚度变化较弱,为相对稳定沉积阶段。石炭纪开始,研究区在志留系—泥盆系沉积间断的基础上,开始重新接受沉积。石炭系—二叠系直接覆盖于早古生界顶面之上,受海西期盆地再次沉降的影响,研究区形成上古生界石炭系—二叠系腐殖型煤系气源岩和中—上石炭统偏腐泥型海相碳酸盐岩气源岩<sup>[2]</sup>,证实中央古隆起在晚二叠世逐渐消亡<sup>[20]</sup>。

中生代三叠纪—侏罗纪,研究区沉积了巨厚的三叠系沉积地层以及侏罗系。研究表现,此阶段研究区

处于前陆盆地挤压变形阶段<sup>[12]</sup>,剖面内无明显断裂,局部存在低幅度褶皱构造,说明研究区表现为弱挤压变形。

中生代早白垩世,盆地进入定型阶段。研究区表现为西缘褶皱冲断带的持续发育,其中逆冲断裂向盆地内可能有一定的延伸,西缘以发育盖层滑脱断裂为主(图6),受西缘逆冲断裂带前锋断层的影响,靠近西缘的中、新生界局部隆升。渭北隆起则发育基底卷入逆冲断裂(图4),逆冲断裂抬升渭北隆起沉积地层,致使中、新生界遭受了不同程度剥蚀。盆地内构造变形微弱,主要表现为构造的西倾和南倾。

新生代以来,受喜马拉雅期构造运动的影响,鄂尔多斯盆地及其以东地区产生NE-SW向的张应力<sup>[13]</sup>,发育研究区西侧的银川地堑等。盆地内,现今构造面貌为西倾单斜,构造相对稳定。

### 3 山1段古构造特征

#### 3.1 关键构造变革与成藏期

在研究区不同方向4条区域构造演化剖面的基础上,分析了各构造演化剖面不同时期的缩短量,并对比、分析了它们缩短率的变化(图7)。

根据研究区演化剖面缩短率变化曲线,鄂尔多斯盆地西南部二叠纪以来构造变形程度较低,不同方向地震剖面缩短率均低于1%(图7),说明构造挤压变形对盆地内的影响微弱。二叠纪—侏罗纪,研究区处于

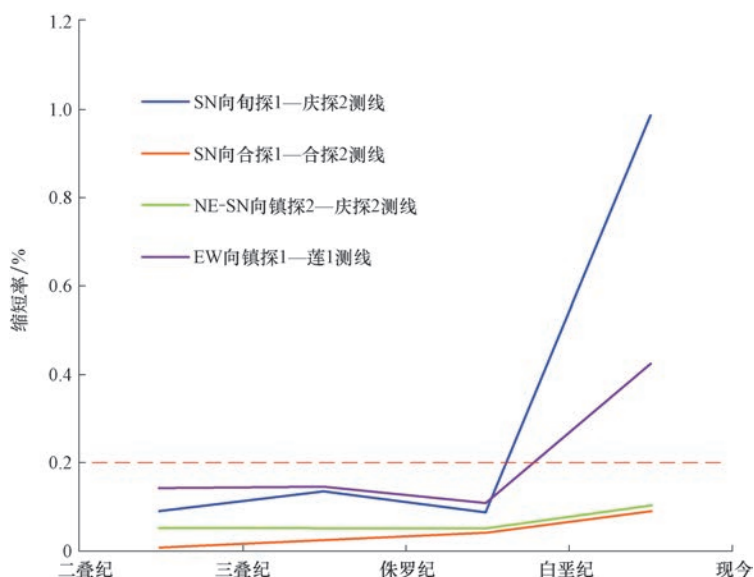


图7 鄂尔多斯盆地西南部区域地震测线缩短率变化

Fig. 7 Shortening rate of regional seismic line in the southwestern Ordos Basin



缓慢挤压变形阶段,剖面缩短率在0.2%以下,其中东西向演化剖面表现为挤压变形由大逐渐变小的过程。受西缘褶皱带和渭北隆起形成的影响,早白垩世开始,剖面缩短率快速增大,说明构造挤压变形在此阶段迅速变强,其中南北向过渭北隆起演化剖面的缩短率快速增大到1%。根据过天环坳陷和渭北隆起地震测线与盆地内地震测线对比可知,早白垩世以来研究区的构造变形主要集中在渭北隆起和天环坳陷内,盆地内构造变形相对较弱。

三叠纪—侏罗纪存在挤压应力由小到逐渐增大和由大到逐渐变小的过程,此阶段的构造改造值得关注;侏罗纪—早白垩世,缩短率曲线的斜率迅速增大,说明在此阶段盆地西南地区构造改造相对强烈。结合前人的研究成果,认为三叠纪末期、侏罗纪末期和早白垩世是对研究区构造改造的关键变革期。

多期次油气成藏年代学是油气成藏动力学研究的热点<sup>[21]</sup>。现有研究表明,鄂尔多斯盆地地下古生界与上古生界气源岩,天然气成藏期均为早白垩世<sup>[16]</sup>,这是上古生界气源岩重要的排烃期<sup>[1]</sup>,早白垩世晚期是陇东地区大规模成藏时间<sup>[22]</sup>。但是,随着成藏年代学研究的不断深入,学者通过流体包裹体测试、埋藏热演化史分析和孔隙度演化史分析、生烃史模拟等手段综合研究认为,盆地中部中生界存在侏罗纪晚期—早白垩世早期及早白垩世中晚期两个成藏期<sup>[23]</sup>,盆地南部长7主力烃源岩初始生烃为侏罗纪末<sup>[24]</sup>,延长组油藏最早形成于晚侏罗世末期<sup>[14]</sup>。因此,鄂尔多斯盆地西南部上古生界的成藏关键时间可能提前到侏罗世末期<sup>[8,21,25]</sup>,研究区成藏期不仅限于早白垩世末期,表现为侏罗世末和早白垩世末期多期成藏。

结合研究区构造演化史关键变革期和上古生界成藏期的综合分析,本文重点讨论山1段三叠纪末期,侏罗纪末期和早白垩世末期的古构造变形特征。

### 3.2 关键期山1古构造演化特征

厚度图法是依据沉积—沉降补偿理论进行古构造恢复的常用方法<sup>[26-27]</sup>,适用于构造变形相对平缓的地区。鄂尔多斯盆地现今构造特征表明,厚度法是研究区最为直接的古构造恢复方法,得到的结果最接近实际地质情况。研究认为,鄂尔多斯盆地西南部上古生界剥蚀厚度极小<sup>[22]</sup>,所以本次恢复古构造过程中不考虑古生界剥蚀量,中、新生界剥蚀厚度,主要依据前人研究成果<sup>[12-13,16]</sup>。

#### 1) 三叠纪末期山1古构造

西南地区三叠纪末期山1古构造表现为中间高

隆、四周低洼的构造面貌(图8a),可能为台地,其中西倾斜坡的范围最大,位于环县—泾川以西地区,即天环坳陷及其以西地区。盆地内华池—正宁—庆阳为中央隆起的台地范围,可能对应着中央古隆起顶部。隆起区南北两侧和东侧表现为规模较小的斜坡带,具有北侧陡倾,东侧和南侧宽缓的古构造特征。

#### 2) 侏罗纪末期山1古构造

研究区继承了三叠纪末期山1古构造特征(图8b),但在局部存在着沉积差异。其中隆起区西侧的斜坡范围向盆地内逐渐扩大,向东延伸至庆阳地区。隆起区向东进一步扩大到庆阳以东大面积地区,研究区东侧三叠纪末期的斜坡区域消亡,北部在吴起—华池之间夹持一个鼻状凹陷。隆起区北西和南东两侧逐渐抬升,由三叠纪末期的斜坡转换为侏罗纪末期的低隆区。三叠纪—侏罗纪末期,天环坳陷进一步沉降,盆地内隆起区进一步隆升,表现为构造的继承与发展,存在局部差异构造变形。

#### 3) 早白垩世末期山1古构造

早白垩世末期,研究区西侧天环坳陷形成(图8c),沉积坳陷表现出由三叠纪—早白垩世的自西向东迁移,迁移至现今的天环坳陷附近。受渭北隆起隆升的影响,研究区南部表现为向南的隆升,盆地西南部整体表现为北东高、南西低的古构造格局。

随着构造埋深的逐渐增大,山1段内古隆起在三叠纪—早白垩世表现为弱—强—弱的构造变形特征,在侏罗纪末期隆起范围最大。斜坡和隆起均表现为自西向东逐渐向盆地内迁移的特征,盆地西南部山1古构造表现为西部持续斜坡、东部逐渐抬升的古构造格局。研究区西侧的低隆区在早白垩世末期形成了现今的天环坳陷。

## 4 古构造对气藏分布的控制作用

含油气盆地古构造恢复对成烃、成藏等要素具有重要的控制作用。油气运移作用随地质运动过程中外界条件的变化而不断变化,与地质作用联系紧密<sup>[28]</sup>。鄂尔多斯盆地上古生界古构造面貌的不同导致在不同地区形成不同类型的气藏<sup>[7]</sup>,盆地南部上古生界主要为源内、近源和远源3种成藏类型<sup>[8]</sup>。

鄂尔多斯盆地西南部上古生界天然气自侏罗纪开始大规模生烃<sup>[17]</sup>,侏罗纪末期开始进入成藏阶段,并在早白垩世末期大规模成藏<sup>[8,14,21,25]</sup>。鄂尔多斯盆地上古生界砂岩致密发生在中三叠世—晚三叠世<sup>[6]</sup>,受压力封存箱的封闭作用、西倾斜坡上倾方向上砂体阻





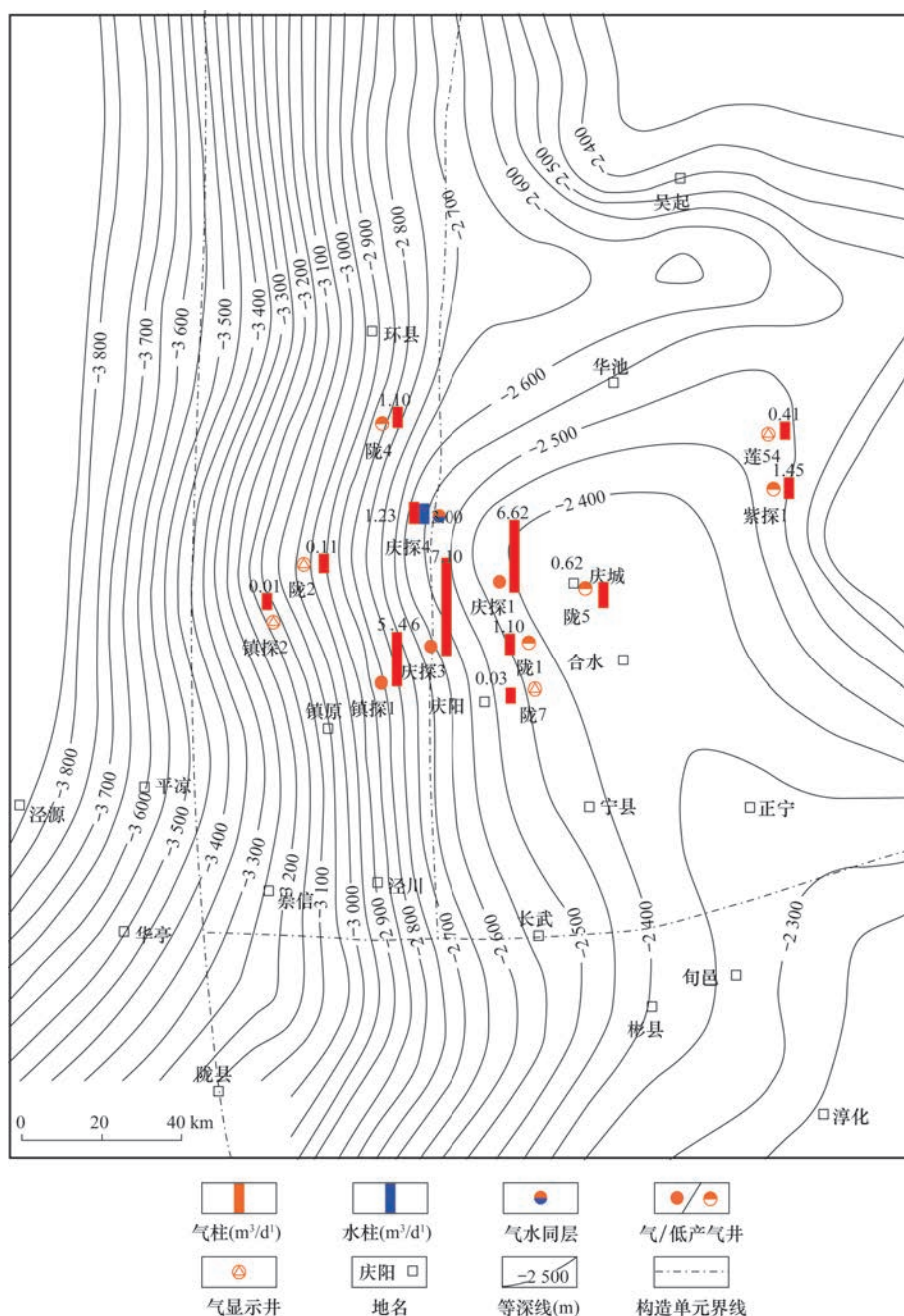


图9 鄂尔多斯盆地侏罗纪末期山1古构造与气藏分布叠合图

Fig.9 Superimposed map with paleo-structure and gas accumulation distribution in the Late Jurassic Shan 1, the Ordos Basin

隔遮挡的影响<sup>[3]</sup>,上古生界缺乏天然气大规模、长距离运移的动力条件<sup>[8]</sup>,山1段以垂向运移为主<sup>[15]</sup>。因此,鄂尔多斯盆地西南部山1段气藏以早成藏期的侏罗纪末期尤为重要,早白垩世末期的大规模油气充注,主要为近距离充注,可能形成近源或源内油气藏。侏罗纪末期山1古构造对盆地西南部油气的分布起着重要的作用。

结合研究区现今山1段气藏的分布,将气井分布投影到关键构造-成藏期山1古构造图中进行对比分析。侏罗纪末期山1古构造图中显示,山1气藏分布

在西南部隆起区东西两侧斜坡的上倾部位(图9),其中绝大多数气藏分布于隆起区西侧斜坡的上倾部位,仅有两口气显示井位于隆起区东侧的斜坡部位。侏罗纪末期西倾斜坡为继承性斜坡,且斜坡自侏罗纪一早白垩世呈现出向东逐渐收窄(图8)。由于盆地西南部山1古构造的继承性,气显示井(镇探2、陇7井等)揭示研究区主要含气带在侏罗纪末期一早白垩世末期始终位于西倾的斜坡上倾部位。推测,早白垩世末期,西南部上古生界的油气运移和充注主要围绕侏罗世末期山1古构造西倾斜坡上倾部位的古油气藏,

早侏罗世末期山1古构造对山1段油气的分布起着控制作用。

## 5 结论

1) 鄂尔多斯盆地西南部上古生界关键构造变革期为三叠纪末期,侏罗纪末期和早白垩世末期,成藏关键期为侏罗纪末期和早白垩世末期,其中侏罗世末期山1段古构造是影响现今山1段气藏分布的关键因素。

2) 鄂尔多斯盆地山1段古构造特征具有继承性和迁移性,三叠纪—白垩纪表现为古坳陷,古斜坡和古隆起的继承性发育,古构造自西向东逐渐向盆内迁移。西倾斜坡范围逐渐缩小,沉积坳陷在早白垩世末期出现,隆起区表现为弱—强—弱的变形特征,侏罗纪末期古隆起和古斜坡范围最大。

3) 鄂尔多斯盆地西南部上古生界缺乏天然气长距离运移的条件,侏罗纪末期山1段古构造控制着侏罗纪末期气藏的分布,也制约着早白垩世末期以来山1段气藏的聚集和分布。早白垩世末大规模生烃期表现为对侏罗纪末期山1古气藏的持续充注。侏罗纪末期的西倾古斜坡的上倾部位可能是上古生界山1段古气藏的有利聚集区。

## 参考文献

- [1] 赵林,夏新宇,戴金星,等.鄂尔多斯盆地上古生界天然气富集的主要控制因素[J].石油实验地质,2000,22(2):136-139.  
Zhao Lin, Xia Xinyu, Dai Jinxing, et al. Major the of the Upper Paleozoic in the Ordos Basin[J]. Experimental Petroleum Geology, 2000, 22(2):136-139.
- [2] 闵琪,付金华,席胜利,等.鄂尔多斯盆地上古生界天然气运移聚集特征[J].石油勘探与开发,2000,27(4):26-29.  
Min Qi, Fu Jinhua, Xi Shengli, et al. Characteristics of natural gas migration and accumulation in the Upper Paleozoic of Ordos Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2000, 27(4):26-29.
- [3] 李贤庆,胡国艺,李剑,等.鄂尔多斯盆地中部奥陶系碳酸盐岩储层流体包裹体特征及对天然气成藏的意义[J].天然气地球科学,2004,15(2):120-124.  
Li Xianqing, Hu Guoyi, Li Jian, et al. The characteristics of fluid Inclusion and its pool-forming significance of natural gas from Ordovician carbonate reservoirs in central Ordos Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2004, 15(2):120-124.
- [4] 付金华,魏新善,任军峰,等.鄂尔多斯盆地天然气勘探形势与发展前景[J].石油学报,2006,27(6):1-4.  
Fu Jinhua, Wei Xinshan, Ren Junfeng, et al. Gas exploration and developing prospect in Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27(6):1-4.
- [5] 杨华,付金华,刘新社,等.苏里格大型致密砂岩气藏形成条件及勘探技术[J].石油学报,2012,33(增刊1):27-35.  
Yang Hua, Fu Jinhua, Liu Xinshe, et al. Formation conditions and exploration technology of large-scale tight sandstones reservoir in Sulige[J]. Acta Petrolei Sinica, 2012, 33(S1):27-35.
- [6] 李仲东,惠宽洋,李良,等.鄂尔多斯盆地上古生界天然气运移特征及成藏过程分析[J].矿物岩石,2008,38(3):77-83.  
Li Zhongdong, Hui Kuanyang, Li Liang, et al. Analysis of characteristics of gas migration and reservoir-forming in the Upper Paleozoic of northern Ordos Basin[J]. Acta Petrologica Et Mineralogica, 2008, 38(3):77-83.
- [7] 李熙喆,张满郎,谢武仁.鄂尔多斯盆地上古生界岩性气藏形成的主控因素与分布规律[J].石油学报,2009,30(3):168-175.  
Li Xizhe, Zhang Manlang, Xie Wureng. Controlling factors for lithologic gas reservoir and regularity of gas distribution in the Upper Paleozoic of Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2009, 30(3):168-175.
- [8] 周进松,王念喜,赵谦平,等.鄂尔多斯盆地东南部延长探区上古生界天然气成藏特征[J].天然气工业,2014,34(2):34-41.  
Zhou Jinsong, Wang Nianxi, Zhao Qianping, et al. Natural gas accumulation characteristics in the Upper Paleozoic in the Yanchang exploration block of southeastern Ordos Basin[J]. Natural Gas Industry, 2014, 34(2):34-41.
- [9] 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间[J].地质科技情报,2005,24(4):60-66.  
Liu Jianzhang, 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.
- [10] 杨华,刘新社.鄂尔多斯盆地古生界煤成气勘探进展[J].石油勘探与开发,2014,41(2):129-137.  
Yang Hua, Liu Xinshe. Progress of Paleozoic coal-derived gas exploration in Ordos Basin, West China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2014, 41(2):129-137.
- [11] 胡朝元,钱凯,王秀芹,等.鄂尔多斯盆地上古生界多藏大气田形成的关键因素及气藏性质的嬗变[J].石油学报,2010,31(6):879-883.  
Hu Chaoyuan, Qian Kai, Wang Xiuqin, et al. Critical factors for the formation of an Upper Paleozoic giant gas field with multiple gas reservoirs in Ordos Basin and the transmutation of gas reservoir properties[J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(6):879-883.
- [12] 王双明.鄂尔多斯盆地构造演化和构造控煤作用[J].地质通报,2011,30(4):544-552.  
Wang Shuangming. Ordos basin tectonic evolution and structural control of coal[J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(4):544-552.
- [13] 杨遂正,金文化,李振宏.鄂尔多斯多旋回叠合盆地形成与演化[J].天然气地球科学,2006,17(4):494-498.  
Yang Suizheng, Jin Wenhua, Li Zhenhong. Multicycle superimposed Basin form and evolution of Ordos Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2006, 17(4):494-498.
- [14] 付金华,柳广弟,杨伟伟,等.鄂尔多斯盆地陇东地区延长组低渗透油藏成藏期次研究[J].地学前缘(中国地质大学(北京):北

- 京大学),2013,20(2):125-131.
- Fu Jinhua,Liu Guangdi,Yangweiwei,et al. A study of the accumulation periods of low permeability reservoir of Yanchang formation in Longdong area,Ordos Basin[J]. Earth Science Frontiers,2013,20(2):125-131.
- [15] 李军,王禹诺,赵靖舟,等.鄂尔多斯盆地陇东地区上古生界天然气富集规律[J].石油与天然气地质,2016,37(2):180-188.
- Li Jun,Wang Yunuo,Zhao Jingzhou,et al. Accumulation patterns of natural gas in the Upper Paleozoic in Longdong area, Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology,2016,37(2):180-188.
- [16] 任战利,张盛,高胜利,等.鄂尔多斯盆地构造热演化史及其成藏成矿意义[J].中国科学D辑:地球科学,2007,增刊(I)23-32.
- Ren Zhanli,Zhang Sheng,Gao Shengli,et al. Tectonic thermal history and its significance on the formation of oil and gas accumulation and mineral deposit in Ordos Basin[J]. Science in China(Series D): Earth Sciences,2007,S(I)23-32.
- [17] 李仲东,郝蜀民,李良,等.鄂尔多斯盆地上古生界压力封存箱与天然气的富集规律[J].石油与天然气地质,2007,28(4):466-472.
- Li Zhongdong,Hao Shumin,Li Liang,et al. Compartment in the Upper Paleozoic of northern Ordos Basin and their relationship with gas enrichment[J]. Oil & Gas Geology,2007,28(4):466-472.
- [18] 李剑,罗霞,单秀琴,等.鄂尔多斯盆地上古生界天然气成藏特征[J].石油勘探与开发,2005,32(4):54-58.
- Li Jian,Luo Xia,Shan Xiuqin,et al. Natural gas accumulation in the Upper Paleozoic of Ordos Basin, China[J]. Petroleum Exploration and Development,2005,32(4):54-58.
- [19] Kostenko O V,Naruk S J,Hack W,et al. Structural evaluation of column-height controls at a toe-thrust discovery, deep-water NigerDelta[J]. AAPG Bulletin,2008,92(12):1615-1638.
- [20] 陈安清.鄂尔多斯地块早古生代盆地演化与物质聚类规律[D].成都:成都理工大学,2010.
- Chen Anqing. Basin evolution and sediments accumulation during Eo-paleozoic in Ordos continental block[D]. Cheng Du:ChengDu University of Technology,2010.
- [21] 陈刚,丁超,徐黎明,等.多期次油气成藏流体包裹体间接定年——以鄂尔多斯盆地东北部二叠系油气藏为例[J].石油学报,2012,33(6):1003-1011.
- Chen Gang,Ding Chao,Xu Liming,et al. Indirect dating of multi-stage hydrocarbon accumulations by fluid inclusion data;a case study of the Permian hydrocarbon accumulation in the northeast Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinica,2012,33(6):1003-1011.
- [22] 李荣西,席胜利,邸领军.用储层油气包裹体岩相学确定油气成藏期次——以鄂尔多斯盆地陇东油田为例[J].石油与天然气地质,2006,27(2):194-199.
- Li Rongxi,Xi Shengli,Di Lingjun. Oil/reservoir phases determined through petrographic analysis of hydrocarbon inclusions in reservoirs;taking Longdong Oilfield,Ordos Basin as an example[J]. Oil & Gas Geology,2006,27(2):194-199.
- [23] 时保宏,张艳,陈杰,等.鄂尔多斯盆地定边地区中生界油藏包裹体特征及地质意义[J].石油学报,2014,35(6):1087-1094.
- Shi Baohong,Zhang Yan,Chen Jie,et al. Characteristics and geological significance of in Dingbian area fluid inclusions in Mesozoic reservoirs Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinica,2014,35(6):1087-1094.
- [24] 尹伟,胡宗全,李松,等.鄂尔多斯盆地南部镇泾地区典型油藏动态解剖及成藏过程恢复[J].石油实验地质,2011,33(6):592-596.
- Yin Wei,Hu Zongquan,Li Song,et al. Dynamic analysis and accumulation process recovery of typical reservoirs in Zhenjing region, south of Ordos Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment,2011,33(6):592-596.
- [25] 李明瑞,窦伟坦,蔺宏斌,等.鄂尔多斯盆地东部上古生界致密岩性气藏成藏模式[J].石油勘探与开发,2009,36(1):56-61.
- Li Mingrui,Dou Weitan,Lin Hongbin,et al. Model for tight lithologic gas accumulation in Upper Palaeozoic,east of Ordos Basin[J]. Petroleum Exploration and Development,2009,36(1):56-61.
- [26] 漆家福,杨桥,王子煜.编制盆地复原古构造图的若干问题的讨论[J].地质科学,2003,38(3):413-424.
- Qi Jiafu,Yang Qiao,Wang Ziyu. Some problems about compiling a restored Paleo-structural map of basin[J]. Chinese Journal of Geology,2003,38(3):413-424.
- [27] 久凯,丁文龙,李春燕,等.含油气盆地古构造恢复方法研究及进展[J].岩性油气藏,2012,24(1):13-19.
- Jiu Kai,Ding Wenlong,Li Chunyan,et al. Advances of paleostructure restoration methods for petroliferous basin[J]. Lithologic Reservoirs,2012,24(1):13-19.
- [28] 李明诚.石油与天然气运移研究综述[J].石油勘探与开发,2000,27(4):3-10.
- Li Mingcheng. A review of oil and gas migration[J]. Petroleum Exploration and Development,2000,27(4):3-10.

(编辑 张玉银)