

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2020.01.017

# 鄂尔多斯盆地南部 ywb 地区中生界 小断层特征及其油气勘探意义

何羽<sup>1</sup>,任丽<sup>2</sup>,邓楠<sup>3</sup>

(1. 中国石油大学(北京)地球科学学院,北京 102200;2. 中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司  
研究院长庆分院,陕西 西安 710021;3. 长安大学地球科学与资源学院,陕西 西安 710054)

**摘要:**通过对近年采集的高品质“两宽一高”(宽频带、宽方位、高密度)三维地震资料精细处理解释发现鄂尔多斯盆地南部 ywb 地区中生界发育一系列小断层。在对断层构造及其演化特征研究基础上,系统分析了小断层体系特征、活动期次及其动力学成因机制。研究认为微小断层起到了沟通油源、控制油气运聚及富集的作用,与小断层伴生的裂缝能够改善致密储层的物性。研究结果对该区中生界油藏主控因素和成藏规律有了新认识,对该区油气勘探具有重要指导意义。

**关键词:**鄂尔多斯盆地南部;“两宽一高”三维地震;小断层;油气成藏;勘探意义

中图分类号:P618.13

文献标志码:A

文章编号:1009-6248(2020)01-0189-06

## The Characteristics of the Small Faults in Mesozoic Strata of ywb Area in the South of Ordos Basin and Its Significance for Oil and Gas Exploration

HE Yu<sup>1</sup>, REN Li<sup>2</sup>, DENG Nan<sup>3</sup>

(1. College of Geosciences of China University of Petroleum (Beijing), BeiJing 102200, China;

2. Changqing Branch of Geophysical Research Institute, BGP, CNPC, Xi'an 710021, ShaanXi, China;

3. School of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, ShaanXi, China))

**Abstract:** Through a fine interpretation of the high-quality 3D seismic data, i. e. broadband, wide-azimuth and high-density, acquisitioned in recent years, this paper finds that a series of small faults are developed in Mesozoic strata in the ywb area region of the southern Ordos Basin. Based on the research on the tectonic structure and evolution of the fault, this paper analyzes the system of the fault, its activity period and its dynamic mechanism. It is suggested that the small fault played an important role in connecting sources rocks with reservoir beds, controlling oil/gas migration and accumulation. The cracks associated with small fault can improve the physical properties of tight sandstone reservoir. The results of the study have a new view on the main controlling factors and the law of hydrocarbon accumulation, and also have an important guiding significance for oil/gas exploration in this area.

**Keywords:** the southern Ordos basin; broadband; wide-azimuth and high-density 3D seismic

收稿日期:2019-08-14;修回日期:2019-10-16

基金项目:国家科技重大专项大型油气田及煤层气开发“鄂尔多斯盆地致密油开发示范工程”三维地震成像处理及储层预测(2017ZX05069001)

作者简介:何羽(1998-),女,本科,中国石油大学(北京)地球科学学院资源勘查工程专业。E-mail:hy\_dct@163.com

data; small faults; hydrocarbon accumulation; exploration significance

长期以来,学者对鄂尔多斯盆地构造及演化特征进行了大量分析研究(杨俊杰,2002),纵观这些研究成果,鄂尔多斯盆地周缘(西缘逆冲带,伊盟隆起,晋西挠折带,渭北隆起)构造活动较为强烈,普遍发育断层,发育构造油气藏,盆地内部天环坳陷局部发育断层,发育构造+岩性油气藏,伊陕斜坡为一西倾大单斜,构造简单,地层平缓,断裂不发育,发育致密岩性油气藏。随着勘探的不断深入,对伊陕斜坡的构造特征认识不断深化,学者刘震等在伊陕斜坡南部边界附近镇原—庆阳一带利用地震资料发现断层(刘震等,2013)。本研究区地震资料以常规二维为主,地表为黄土山地,巨厚黄土层对地震波吸收严重,地震资料频率低,频带窄,干扰波严重,分辨率和

信噪比较低,在二维地震剖面上不易识别小断层(图1),影响和制约了对该区构造研究,因此,存在资料盲区和技术盲区。随着近几年地球物理技术的快速发展,“两宽一高”(宽频带、宽方位、高密度)三维地震资料在盆地南部黄土塬区的推广应用,地震资料信噪比分辨率及成像精度大幅提升,尤其是地震资料在采集、处理过程中经过保护低频、拓宽高频处理,断层成像更清楚;通过“两宽一高”三维地震处理解释发现鄂尔多斯盆地南部 ywb 地区中生界发育一系列小断层,研究分析认为可分为 2 个期次,印支期和燕山期,笔者从两期断层的平面、剖面和演化特征入手,分析断层与油气成藏的关系,认为断层对油气成藏具有重要作用。

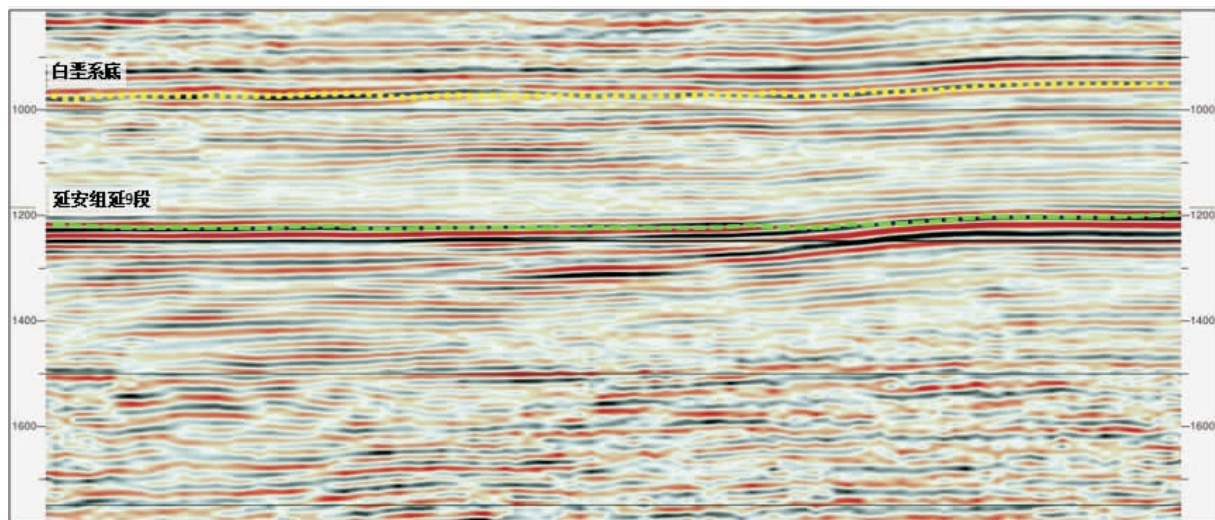


图1 ywb地区二维地震H15877叠前时间偏移地震剖面图

Fig. 1 Pre-stack time migration seismic profile of 2D H15887 in ywb area

## 1 区域地质概况

鄂尔多斯盆地是中、新生代盆地叠加在华北古生代克拉通台地基础上发育起来的大型陆内叠合盆地(孙肇才等,1980)。研究区位于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡南部,是一个由东向西倾斜的平缓大型单斜构造,地层平缓,倾角小于 $1^{\circ}$ ,平均坡降 $10\text{ m/km}$ ,局部构造不发育。研究区中生界自下而上依次为刘家沟组、延长组、富县组、延安组、直罗组、安定组。

鄂尔多斯盆地中生代大型内陆坳陷湖盆,具

有稳定沉降、湖盆宽缓、沉积范围大的特点,晚三叠世早期进入湖盆发育阶段,发育一套河流-三角洲相碎屑岩沉积,由于物源供应充足,沉积了一套厚约千余米的湖泊-三角洲相碎屑岩建造(刘显阳等,2012)。晚三叠世末,印支运动使盆地整体抬升接受剥蚀,在古侵蚀地貌的背景上,侏罗纪沉积了早期的填平补齐式的河流相和晚期的湖沼相,在三叠系上部深切河谷中充填的河流相砂体和晚期形成的三角洲分流河道砂体构成了侏罗系的储集体,延长组发育一套深湖相泥岩烃源岩。在平缓的构造背景下,形成了中生界自生自储或下生上储岩性

油藏。

鄂尔多斯盆地南部石油储层普遍具有“低渗、低压、低丰度”的“三低”特点,其中延长组砂岩储层渗透率为  $0.3 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,油藏压力系数普遍偏低,多为  $0.50 \sim 0.85$ (李士祥等,2013)。

## 2 断层构造特征

### 2.1 断层识别

研究区内断裂以产状较陡的小断层为主,断距大小不同,断层在地震剖面上的反射特征不同,根据模型正演分析研究,断距大于 30 m,在地震剖面上同相轴有明显错动,易于识别和解释;断距 15~25 m,在地震剖面上同相轴没有明显错动,表现为扭动和分叉,断距小于 15 m,在地震剖面上同相轴基本

进一步明确微断层发育规模、位置,精细刻画断层展布特征及接触关系,采用单剖面、多线剖面、地层切片以及三维可视化等断层解释手段,通过剖面、平面和三维空间结合,准确完成断层解释及组合。

### 2.2 剖面构造特征

通过“两宽一高”(宽频带、宽方位、高密度)三维地震资料综合解释发现,鄂尔多斯盆地南部 ywb 地区中生界发育 2 期断层,分别为印支期(图 2)和燕山期(图 3),印支期断层为三叠纪晚期形成,切穿延长组,断层截止于延长组顶部附近;而燕山期断层为侏罗纪晚期—白垩纪早期形成,切穿侏罗系,截至于侏罗系顶部—白垩系底部附近,2 期断层均表现为剖面上断距均较小为 20~50 m;倾角较陡为  $60^\circ \sim 80^\circ$ ,断层性质均为逆断层。

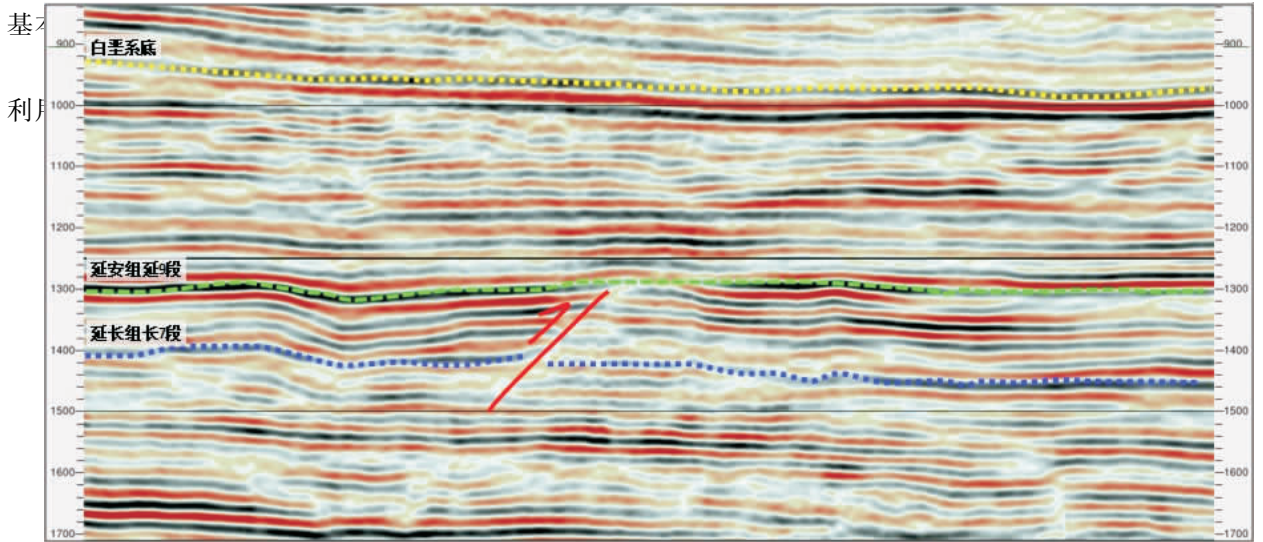


图 2 ywb 地区三维地震 Inline1337 叠前时间偏移地震剖面图

Fig. 2 Pre-stack time migration seismic profile of 3D inline 1337 in ywb area

### 2.3 平面构造特征

该区平面上主要发育北西南东向和北东南西向断层(图 4),以北西南东向为主,平面上延伸距离较长,10~30 km,北东南西向为辅,平面上延伸距离较短,3~6 km,呈雁列式展布。

## 3 断层演化特征

鄂尔多斯盆地是叠加在华北古生代克拉通台地之上的中生代大型陆内盆地。前人研究结果表明,

古生代和早中生代时早期,鄂尔多斯盆地与华北盆地是一个统一的、具有相同沉积-构造演化历史的克拉通盆地台地,它们共同组成了大华北盆地(赵重远等,1990)。发生在晚三叠世的印支运动,伴随着秦岭洋的闭合和扬子-华北地块的陆-陆碰撞作用,鄂尔多斯盆地演化为大型陆内湖盆,中晚侏罗世区域构造应力场发生了重大变化,构造分异现象明显,鄂尔多斯盆地现今构造格局正是在中晚侏罗世以来的晚中生代—新生代时期逐渐形成的(张岳桥等,2006)。

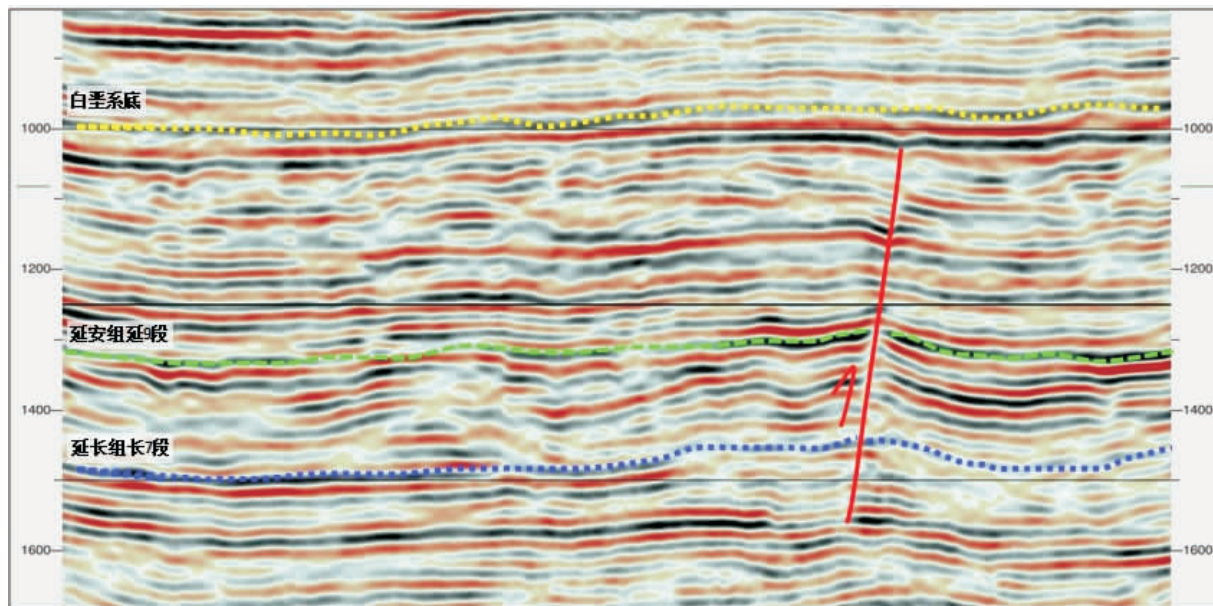


图3 ymb地区三维地震 Crossline1271 叠前时间偏移地震剖面

Fig. 3 Pre-stack time migration seismic profile of 3D crossline 1271 in ymb area

### 3.1 印支运动(T3)

三叠世晚期,受羌塘-华南板块与欧亚大陆碰撞拼贴产生的远程构造效应影响,华北板块处于一种挤压应力的构造格局之中,鄂尔多斯盆地也因此产

生了以南北挤压、东西向伸展的为主的应力场(王建民等,2018),表现在盆地西缘构造变形强烈,盆地主体不均匀整体抬升,延长组顶部遭受差异剥蚀,受挤压应力影响,形成了印支期断层,断层性质为逆断层。

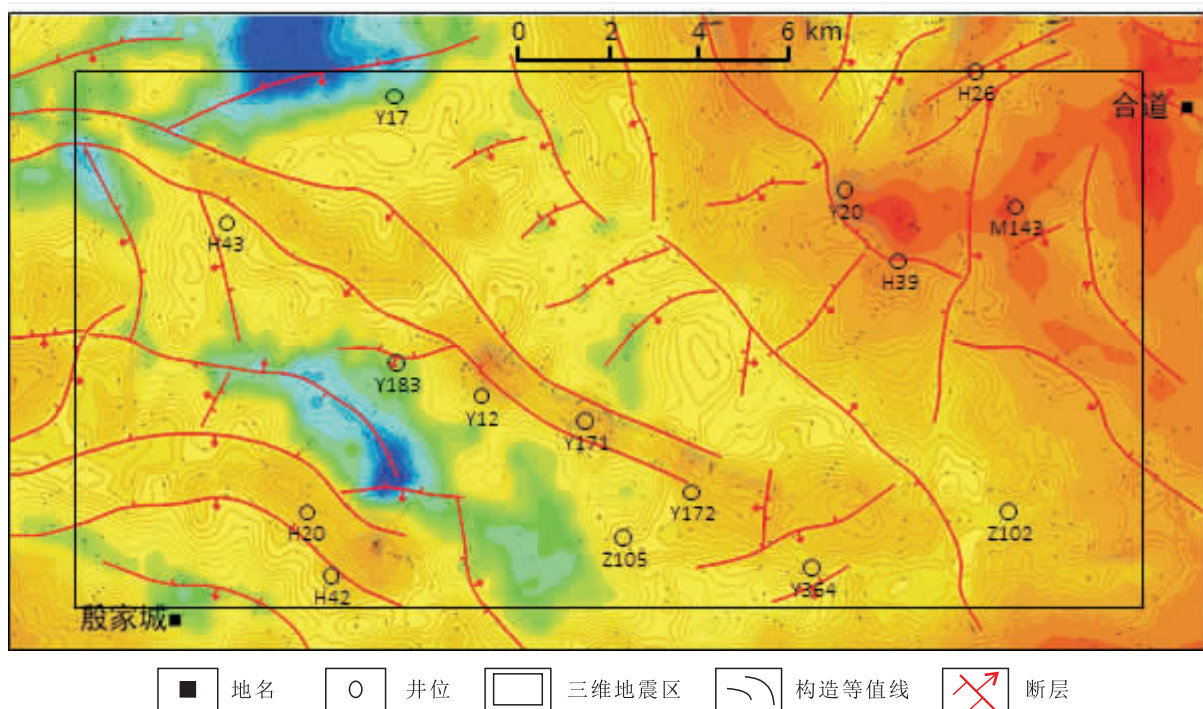


图4 ywb地区延安组延9段顶界构造图(三维地震资料成图)

Fig. 4 Structure map of the top of yan9 layer in ywb area(Structure mapping by Three-Dimensional Seismic Data)

### 3.2 燕山运动早期(J1—J2)

燕山期,古太平洋板块开始向新生的亚洲大陆斜向俯冲,华北板块中东部地区总体处于 NE 向左旋挤压构造环境,鄂尔多斯盆地东部显著向西倾斜(赵振宇等,2012)。早侏罗世属构造稳定期,盆地在三叠纪末高低不平的古地貌上填平补齐,主要发育河流-湖泊相沉积。延安期,发育河流-沼泽相沉积,厚约为 200~300 m,为盆地主要成煤期。中侏罗世东西分异明显,盆地东部隆起逐渐扩大,沉积范围逐渐向西收缩,此时盆地沉积格局东西分异,南北展布。早侏罗世早期,鄂尔多斯盆地转为沉降,中侏罗世中期继续沉降,中侏罗世晚期又开始抬升。

### 3.3 燕山运动晚期(J3—K)

晚侏罗世,由于太平洋板块与欧亚相互斜向碰撞,鄂尔多斯以东的中国地区发生强烈的构造变形和抬升(张义楷等,2006),这种斜向碰撞产生的挤压分量作用鄂尔多斯地块,盆地东部抬升剥蚀,地层厚度自西向东骤然减薄,与白垩系高角度不整合接触,沉积相亦由冲积相快速过渡为河流-湖泊相。受挤压应力影响,形成了燕山期断层,这期断层是部分印支期断层在燕山期持续活动形成的,断层性质为逆断层。早白垩纪世,盆地处于弱伸展构造环境,东部持续抬升,西部继续逆冲,晚白垩世,盆地东部吕梁山的隆起致使盆地东部强烈抬升(杨遂正等,2006),盆地由东倾单斜转化为西倾单斜,形成了现今盆地西低东高、南低北高的格局。

### 3.4 喜山运动早期(E1+2—N<sub>2</sub><sup>2</sup>)

古近纪—新近纪中晚期,印度板块与欧亚板块碰撞,古特提斯洋闭合,同时太平洋板块向西俯冲消减(赵振宇等,2012),盆地内部整体抬升,周缘形成一系列断陷。在此期间,盆地内部地层和主要的 6 个一级构造单元及次级构造得到加强并定型。

## 4 断层与油气成藏的关系

### 4.1 断层控制局部构造

研究区发育一系列小幅度构造(图 4),小幅度构造(背斜、断背斜)走向基本平行于断层走向,分析认为局部构造受断层控制,油气在小幅度构造高部位容易聚集成藏(郑忠文等,2015)。

### 4.2 小断层附近伴生的裂缝改善储层物性

小断层附近伴生的裂缝发育,储层中出现的大

量裂缝是油气富集的主要空间,特别是发育的许多肉眼不能观测但在显微镜下可以观测到的显微裂隙,裂隙增加了储层和微观孔隙结构和连通性,使储层渗透性得到改善,从而形成低渗透性储层(李荣西等,2011),有利于成藏。鄂尔多斯盆地中生界储层为特低渗透砂岩储层,裂缝的存在对盆地内储层的产能起关键作用,多口井的钻探证实,小断层及其控制的裂缝发育带是高产井的分布区域。

### 4.3 小断层控制油气运移

在小断层形成良好的输导体系,是油气垂向运移的主要疏导体系,延长组长 7 优质烃源岩向上运移至延长组长 1—长 6、延安组等储层中聚集,构成“下生上储”型成藏组合,或者在异常压力驱动下,通过叠置砂体和小断层,垂向和侧向运移,在长 8—长 10 相对高渗区及构造高部位聚集,构成“上生下储”型成藏组合。

## 5 结论与认识

(1)通过“两宽一高”(宽频带、宽方位、高密度)三维地震资料综合解释发现,鄂尔多斯盆地南部 ywb 地区中生界发育一系列小断层,改变了以往该区断层不发育的认识,“两宽一高”三维地震资料在采集、处理过程中经过保护低频、拓宽高频处理,断层成像更清楚,为识别小断层提供了资料基础。

(2)研究区断层平面上具有分带性,发育北西南东向和北东南西向 2 组,以北西南东向为主,北东南西为辅,延伸距离较短,呈雁列式展布;剖面上具有期次差异性,距均较小,20~50 m,倾角较大,50°~80°,断层性质为逆断层,根据断层特征,断层演化分为印支期和燕山期。

(3)研究区断层伴生的裂缝改善储层物性,小断层构成良好的输导体系,沟通油源与储层,控制油气运移,与小断层伴生的裂缝改善致密储层物性。勘探实践证明,裂缝是形成优质储集层的重要因素,是油气井高产的重要原因,甜点区和裂缝发育区有着密切的联系。因此,小断层附近的裂缝发育带是石油勘探的方向。

## 参考文献(References):

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.
- YANG Junjie. Tectonic Evolution and Oil-Gas Reservoirs Distribution in Ordos Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002.
- 刘震,姚星,胡晓丹,等.鄂尔多斯盆地中生界断层的发现及其对成藏的意义[J].地球科学与环境学报,2013,35(2):56-66.
- LIU Zhen, YAO Xing, HU Xiaodan, et al. Discovery of the Mesozoic Fault and Its Implication on the Hydrocarbon Accumulation in Ordos Basin[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2013,35(2):56-66.
- 孙肇才,谢秋元.叠合盆地的发展特征及其含油气性-以鄂尔多斯盆地为例[J].石油实验地质,1980,2(1):13-21.
- SUN Zhaocai, XIE Qiuyuan. Evolution characteristics of super-posed basin and its petroleum significance: Example for Ordos basin[J]. Experimental Petroleum Geology, 1980,2(1):13-21.
- 刘显阳,惠潇,李士祥.鄂尔多斯盆地中生界低渗透岩性油藏形成规律综述[J].沉积学报,2012,30(5):964-967.
- LIU Xianyang, HUI Xiao, LI Shixiang. Summary of Formation Rule for Low Permeability Lithologic Reservoir of Mesozoic in Ordos Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2012,30(5):964-967.
- 李士祥,施泽进,刘显阳,等.鄂尔多斯盆地中生界异常低压成因定量分析[J].石油勘探与开发,2013,40(5):528-533.
- LI Shixiang, SHI Zejin, LIU Xianyang, et al. Quantitative Analysis of the Mesozoic Abnormal Low Pressure in Ordos basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2013,40(5):528-533.
- 赵重远,刘池洋.华北克拉通沉积盆地形成与演化及其油气赋存[M].西安:西北大学出版社,1990.
- ZHAO Chongyuan, LIU Chiyang. The Formation and Evolution of the Sedimentary Basin and their Hydrocarbon Occurrence in the North China Craton[M]. Xi'an: Xi'an Northwest University Press, 1990.
- 张岳桥,廖昌珍.晚中生代—新生代构造体制转换与鄂尔多斯盆地改造[J].中国地质,2006,33(1):28-36.
- ZHANG Yueqiao, LIAO Changzhen. Transition of the Late Mesozoic-Cenozoic tectonic regimes and modification of the Ordos basin[J]. Geology in China, 2006, 33(1):28-36.
- 王建民,张三.鄂尔多斯盆地伊陕斜坡上的低幅度构造特征及成因探讨[J].地学前缘,2018,25(2):246-253.
- WANG Jianmin, ZHANG San. Exploring the Characteristics and Genesis of Low Amplitude on the Yishan Slope, Ordos Basin[J]. Earth Science Frontiers, 2018, 25(2):246-253.
- 赵振宇,郭彦如,王艳,等.鄂尔多斯盆地构造演化及古地理特征研究进展[J].特种油气藏,2012,19(5):15-20.
- ZHAO Zhenyu, GUO Yanru, WANG Yan, et al. Study Progress in Tectonic Evolution and Paleogeography of Ordos Basin[J]. Special Oil and Gas Reservoirs, 2012, 19(5):15-20.
- 张义楷,周立发,党彝,等.鄂尔多斯盆地中生代构造应力场与油气聚集[J].石油实验地质,2006,28(3):215-219.
- ZHANG Yikai, ZHOU Lifa, DANG Ben, et al. Relationship Between the Mesozoic and Cenozoic Tectonic Stress Fields and the Hydrocarbon Accumulation in the Ordos Basin[J]. Petroleum Geology and Experiment, 2006, 28(3):215-219.
- 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.
- 郑忠文,刘建朝,李荣西,等.微构造对低渗透油气成藏的控制作用—以鄂尔多斯盆地丰富川油田西区为例[J].西北地质,2015,48(4):234-242.
- ZHENG Zhongwen, LIU Jianchao, LI Rongxi, et al. Controls to Oil Accumulation in Sandstone Beds with Low Permeability by Micro-Structure: Example from Western Area of Fengfuchuan Oilfield in Northern Shaanxi[J]. Northwestern Geology, 2015, 48(4):234-242.
- 李荣西,段立志,张少妮,等.鄂尔多斯盆地低渗透油气藏形成研究现状与展望[J].地球科学与环境学报,2011,33(4):364-372.
- LI Rongxi, DUAN Lizhi, ZHANG Shaoni, et al. Review on Oil/gas Accumulation with Low Permeability in Ordos Basin[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2011, 33(4):364-372.