

鄂尔多斯盆地陇东地区洪德区块侏罗系延安组 油藏富集规律

尹 帅^{1,2}, 邬忠虎³, 吴晓明⁴, 刘建平⁵, 谭成仟¹, 王濡岳⁶, 袁 慧¹, 戴亚威^{1,2}

(1. 西安石油大学 地球科学与工程学院, 陕西 西安 710065; 2. 西安石油大学 陕西省油气成藏地质学重点实验室, 陕西 西安 710065; 3. 贵州大学 土木工程学院, 贵州 贵阳 550025; 4. 中国石油 长庆油田分公司 第七采油厂, 陕西 西安 710086; 5. 中国石油 长庆油田分公司, 陕西 西安 710018; 6. 中国石化 石油勘探开发研究院, 北京 102206)

摘要:因邻区侏罗系有油气发现,鄂尔多斯盆地陇东地区洪德区块成为了新的勘探目标。以洪德侏罗系延安组为例,综合岩心、测井、地震和试井资料,开展了沉积体系、构造和古地貌研究,分析了古地貌、构造和沉积储层对延安组油藏的控制作用。结果表明,延安组与延长组间存在3个局部不整合面,分别介于富县组和延长组、延(延安组)10油层组和延长组及延9油层组和延长组之间。前侏罗纪古地貌可划分为5类单元,分别为古河谷、河间丘、古阶地、斜坡带和低残丘。其中,斜坡带和低残丘利于成藏;古阶地及古河谷的延10油层组也具有一定成藏潜力。此外,多支沟交汇且经河水反复冲刷的坡嘴位置,砂体泥质组分含量低,也利于成藏。油藏可见明显的油顶及油-水界面。断裂带与砂体走向在平面上互相切割;断层面上盘利于成藏,而下盘因无有效封闭遮挡,往往不利于成藏;正断裂较逆断裂更容易成藏。优质沉积储层是延安组成藏的必要不充分条件。基于古地貌、构造及沉积储层三级控藏要素组合,提出了适用于洪德地区侏罗系延安组成藏的判别方法。

关键词:沉积储层;延安组;古地貌;构造;侏罗系;鄂尔多斯盆地

中图分类号:TE122.3

文献标识码:A

Oil enrichment law of the Jurassic Yan'an Formation, Hongde block, Longdong area, Ordos Basin

Yin Shuai^{1,2}, Wu Zhonghu³, Wu Xiaoming⁴, Liu Jianping⁵, Tan Chengqian¹, Wang Ruyue⁶, Yuan Hui¹, Dai Yawei^{1,2}

(1. School of Earth Sciences and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi 710065, China; 2. Shaanxi Key Laboratory of Petroleum Accumulation Geology, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi 710065, China; 3. College of Civil Engineering, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China; 4. No. 7 Oil Production Plant, Changqing Oilfield Company, PetroChina, Xi'an, Shaanxi 710086, China; 5. Changqing Oilfield Company, PetroChina, Xi'an, Shaanxi 710018, China; 6. Petroleum Exploration and Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 102206, China)

Abstract: The Jurassic in the Hongde block, Longdong area, Ordos Basin, has been less explored until some oil discoveries were made in the same system of nearby blocks. The Yan'an Formation in the Hongde block is taken as the subject of study to reveal conditions for possible oil accumulations in the formation based on relevant core, logging, seismic and testing data as well as analyses of sedimentary systems, tectonics and paleo geomorphology—the three most likely controlling factors for oil pooling. The results indicate that from the Yan'an Formation to the Yanchang Formation in the area there are three local unconformities respectively between the Fuxian Formation and the Yanchang Formation, the Yan 10 sub-member (Yan'an Formation) and Yanchang Formation, and the Yan 9 sub-member (Yan'an Formation) and Yanchang Formation. Five types of pre-Jurassic paleomorphologic units are also recognized: the paleovalley, inter-channel hill, ancient terrace, slope belt and low residual hill. Among them, the slope belt and low residual hill are conducive to hydrocarbon accumulation, and the ancient terrace and valley in the Yan 10 sub-member also have certain

收稿日期:2021-09-11;修订日期:2022-08-11。

第一作者简介:尹帅(1989—),男,博士,非常规油气地质。E-mail: speedsys@163.com。

通讯作者简介:邬忠虎(1989—),男,博士、副教授,岩石力学。E-mail: wuzhonghugzu@163.com。

基金项目:中国石油长庆油田分公司项目(020-CY7-F051)。

hydrocarbon accumulation potential. In addition, favorable conditions for oil accumulation also exist in the slope mouth where sandbodies have low shale content as several tributaries converged here and washed shale away. Oil caps and oil-water contacts are easily recognized. From a plan view, fault zones are intersecting sandbodies. The hanging walls of faults form perfect traps for oil, while the footwalls, without effective sealing, are usually barren in terms of oil pool. Normal faults are comparatively better oil pool holders than reverse ones. High-quality sedimentary reservoirs are necessary but insufficient conditions for the Yan'an Formation to contain oil pools. Based on the understanding, a method for identifying reservoirs in the Jurassic Yan'an Formation in the Hongde block is proposed.

Key words: sedimentary reservoir, Yan'an Formation, paleomorphology, structure, Jurassic, Ordos Basin

引用格式:尹帅, 郭忠虎, 吴晓明, 等. 鄂尔多斯盆地陇东地区洪德区块侏罗系延安组油藏富集规律[J]. 石油与天然气地质, 2022, 43(5): 1167-1179.

DOI: 10. 11743/ogg20220513.

Yin Shuai, Wu Zhonghu, Wu Xiaoming, et al. Oil enrichment law of the Jurassic Yan'an Formation, Hongde block, Longdong area, Ordos Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2022, 43(5): 1167-1179. DOI: 10. 11743/ogg20220513.

鄂尔多斯盆地侏罗系延安组油藏具有“小而肥”的特点,其分布受前侏罗纪古地貌的显著影响^[1-4]。三叠纪末,鄂尔多斯盆地在印支运动作用下发生构造抬升,造成了延长组顶部的不整合^[5-6]。鄂尔多斯盆地西缘陇东地区的构造活动相对更加强烈,发育了大量小型断裂。因此,延安组油藏除了受到前侏罗纪古地貌的影响,还明显受控于低幅度构造和断裂^[7-8];古地貌、构造、沉积储层也成为鄂尔多斯盆地西部侏罗系油藏富集规律综合评价的核心内容^[9-11]。

过去,鄂尔多斯盆地陇东地区侏罗系油藏的勘探主要集中在烃源岩厚度较大的偏中东部,忽略了对陇东地区西部洪德地区的勘探^[12-25]。但近年来在邻近的演武和姬塬西获得了侏罗系油气发现,不仅指示了洪德地区的油气潜力,也拓宽了勘探范围。本文以鄂尔多斯盆地陇东洪德地区侏罗系延安组为例,基于大量岩心、测井、地震及试井资料,对侏罗系进行了精细地层划分,识别出延安组底部不整合面,恢复了前侏罗纪的古地貌,预测了延安组的油藏富集规律,提出了基于三级成藏要素组合的油藏定量评价方法。

1 地质背景

研究区洪德位于鄂尔多斯盆地西部的陇东,环江油田的西部(图1a)。该地区侏罗系靠近盆地西缘,烃源岩三叠系延长组长7油层组在此厚度较薄,故一向不被看好。但演武地区侏罗系油藏的发现,开始推动陇东西部延安组的精细勘探。洪德和演武分别位于甘陕古河的南、北两侧,但其侏罗系延安组成藏地质条件相似。从构造背景看,洪德位于天环坳陷的南段(图1a),受鄂尔多斯盆地西缘逆冲推覆的影响,构造运动相对强烈,发育大量小型断裂,长度多为1~

15 km,主要形成于燕山末期。延安组局部还发育低幅度隆起圈闭,多为1~6 km²大小。

洪德的侏罗系包括延安组、直罗组和安定组。其中,延安组厚度主要介于220~350 m。延安组煤系发育,侏罗系油藏主要分布在延安组延6—延10油层组(图1b),也即主要的研究目的层。中侏罗世延安期,研究区发育了较厚的河流—湖泊三角洲沉积。延安组可细分为延1—延10油层组(以下简称延1—延10)^[4-7]。

2 地层发育特征

研究区延6—延10以中—粗岩屑砂岩为主(图2),延6—延9为曲流河三角洲平原亚相,而延10为辫状河三角洲亚相^[16-19]。10口井的延6—延10岩心观察结果显示,延6—延9的砂岩较延10更细。通常,沉积物越粗则表明水动力条件和冲刷作用越强,故延10以下蚀冲刷为主(图2a,b)。延10河道更宽,而延6—延9则以侧蚀冲刷为主,河道较窄。

岩心可见大量层理构造,包括水平层理、板状交错层理和沙纹交错层理等(图2c—e)。水平层理常见于细砂岩中,指示河水流动能力较弱(图2c);板状交错层理多见于河水流动性较强的边滩、心滩及河道等沉积环境(图2d)。延安组还发育了大量植物化石,常见于煤线或煤层中,是划分延安组沉积相的重要标志(图2f)。

延6顶部主要是煤层,厚度1~2 m,在全区广泛分布,是延安组分布最广泛的煤层之一,工区内钻遇率为100%。延安组和延长组发育了3个局部不整合,即:富县组与下伏延长组之间的不整合、延10与下伏延长组之间的不整合以及延9与下伏延长组之间的不整合(图3)。

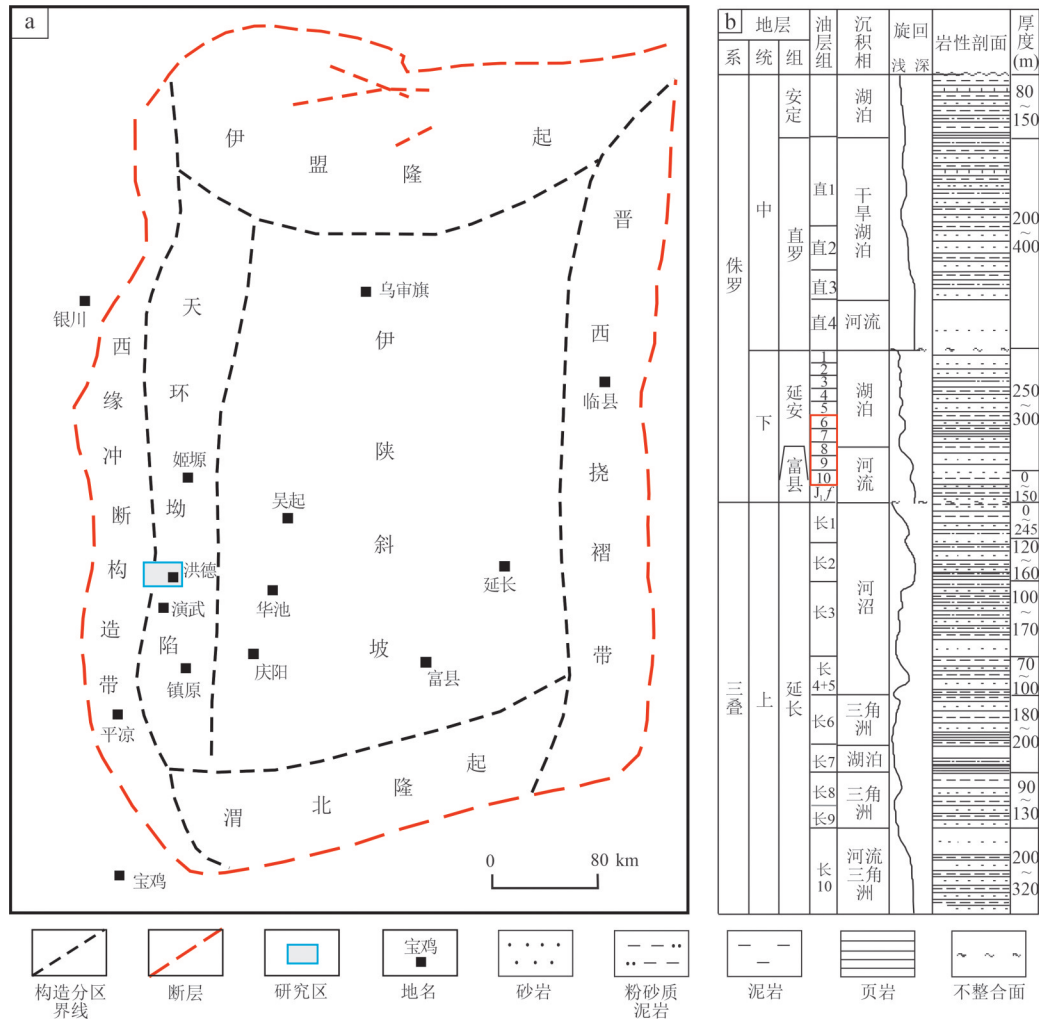


图1 陇东地区洪德区块构造位置(a)及地层综合柱状图(b)

Fig. 1 Location and comprehensive stratigraphic histogram, Hongde block, Longdong area

研究区富县组为一套残留地层,主要为粗粒碎屑沉积,与下伏延长组呈不整合接触(图3a),仅在研究区西南部、东北部及东南部零星发育,在西北部到东南部一线大范围缺失。延长组顶部不整合面中,最为常见的是延10'小层相对较粗颗粒沉积体与延长组之间的不整合(图3b)。研究区中部及西北部地区延10和富县组几乎全部缺失,延9沉积直接覆于延长组之上(图3c,图4)。

延安组内部各油层组的沉积均具有明显的正旋回特征,各油层组顶部一般都发育暗色细粒泥质沉积或煤岩层。系统对比标志层后发现,全区延6—延9均广泛发育煤层,测井响应特征为高声波时差、高电位、高电阻率、低伽马和低密度(图5)。在研究区钻遇延7顶部煤层的几率为99%,延9是一般由1~3个煤层组成的煤层组,单个煤层厚度约1~3 m;钻遇延9亚段顶部煤层的几率为100%;延10顶部煤层不太发育,可用作地层划分的辅助标志层^[20-21]。延6和延7顶部的煤层

相对较厚,大多厚达3 m左右,且延6发育“裴庄砂岩”^[11]。延9通常发育2~4套煤层,80%的单井可见3套煤层,单层厚度主要介于1~2 m。延10的标志层为宝塔砂岩(B5)。

3 成藏规律及成藏要素组合

古地貌、构造和沉积储层是影响陇东地区延安组成藏的一级控制因素,尤其是古地貌,直接控制着侏罗系油藏的富集;断裂及低幅度构造是二级控制因素,对油藏分布具有一定的调节作用;优质储层为三级控制因素,为油气成藏提供内部条件。

3.1 古地貌控藏规律

洪德和演武分别位于甘陕古河的南、北两侧,演武的侏罗系目前已经获得勘探突破。与演武相比,洪德具有类似成藏条件且资源潜力较大。本文采用“印模

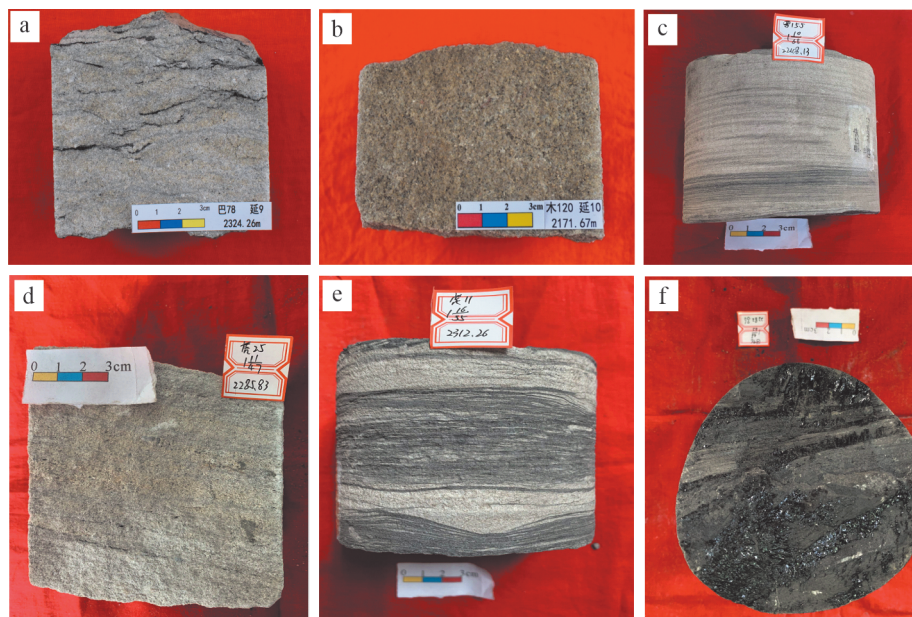


图2 陇东地区洪德区块侏罗系延安组典型沉积岩心

Fig. 2 Photos of typical sedimentary cores from the Jurassic Yan'an Formation, Hongde block, Longdong area

- a. 延9细砂岩层理结构, 巴78井, 埋深2 324.26 m; b. 延10块状构造, 木120井, 埋深2 171.67 m; c. 延10块状砂岩, 罗155井, 埋深2 248.13 m; d. 延9板状交错层理, 虎25井, 埋深2 285.83 m; e. 延8砂纹交错层理, 虎11井, 埋深2 312.26 m; f. 延9植物叶片化石, 巴96井, 埋深2 283.70 m

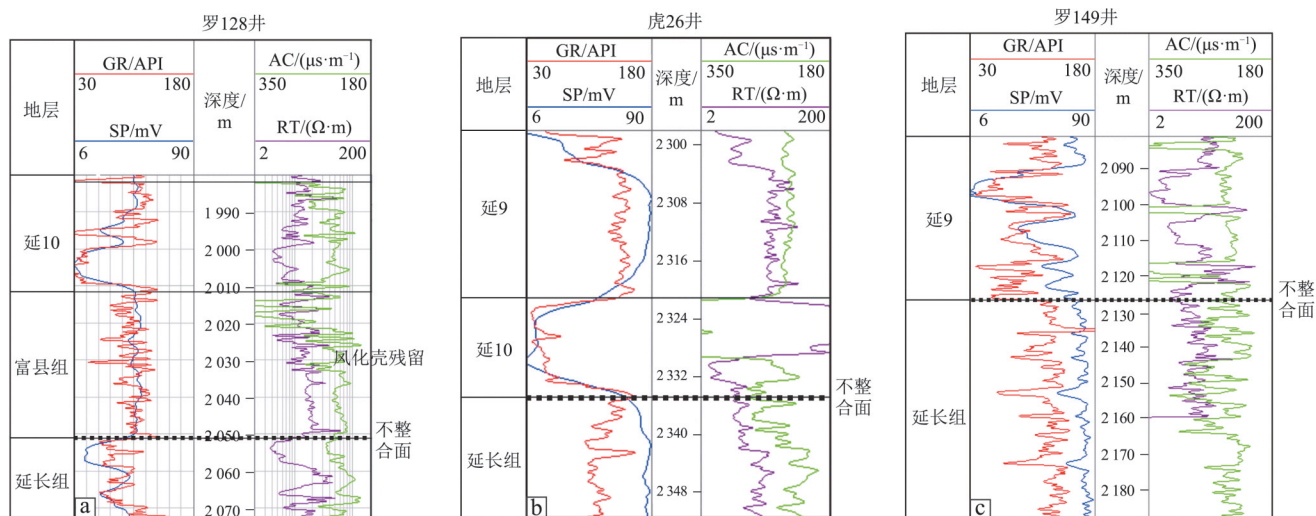


图3 陇东地区洪德区块延长组顶部不整合

Fig. 3 Unconformities at the top of Yanchang Formation, Hongde block, Longdong area

- a. 富县组与延长组之间不整合面; b. 延10与延长组之间不整合面; c. 延9与延长组之间不整合面

法”^[11],利用延10—富县组地层残余厚度分布(图6)重建前侏罗纪古地貌。

由图6可见,甘陕古河谷区域的延10—富县组明显偏厚,大多超过60 m;在中部及西北部的斜坡带次级高地及低残丘区域可见大面积完全剥蚀,厚度通常小于40 m。低残丘和古河谷之间主要分布着斜坡带、古阶地及河间丘等过渡区域。

从地震剖面上也可以对古地貌单元进行判定。如图7a所示,沿甘陕古河道到次级高地斜坡带,不整合

面上覆地层的残余厚度(延10—富县组,粉红色与蓝色虚线之间区域)逐渐减小。甘陕古河的延10—富县组沉积厚度较大,下伏的延长组沉积则相对较薄,两者此消彼长(图7a)。巴38井附近可见延10—富县组沉积向罗140井方向尖灭,代表古地貌单元从斜坡带向低残丘的逐渐过渡(图7b)。

基于以上认识,结合延10—富县组地层残余厚度展布及地震解释结果,对研究区前侏罗纪古地貌单元进行了划分(表1)。

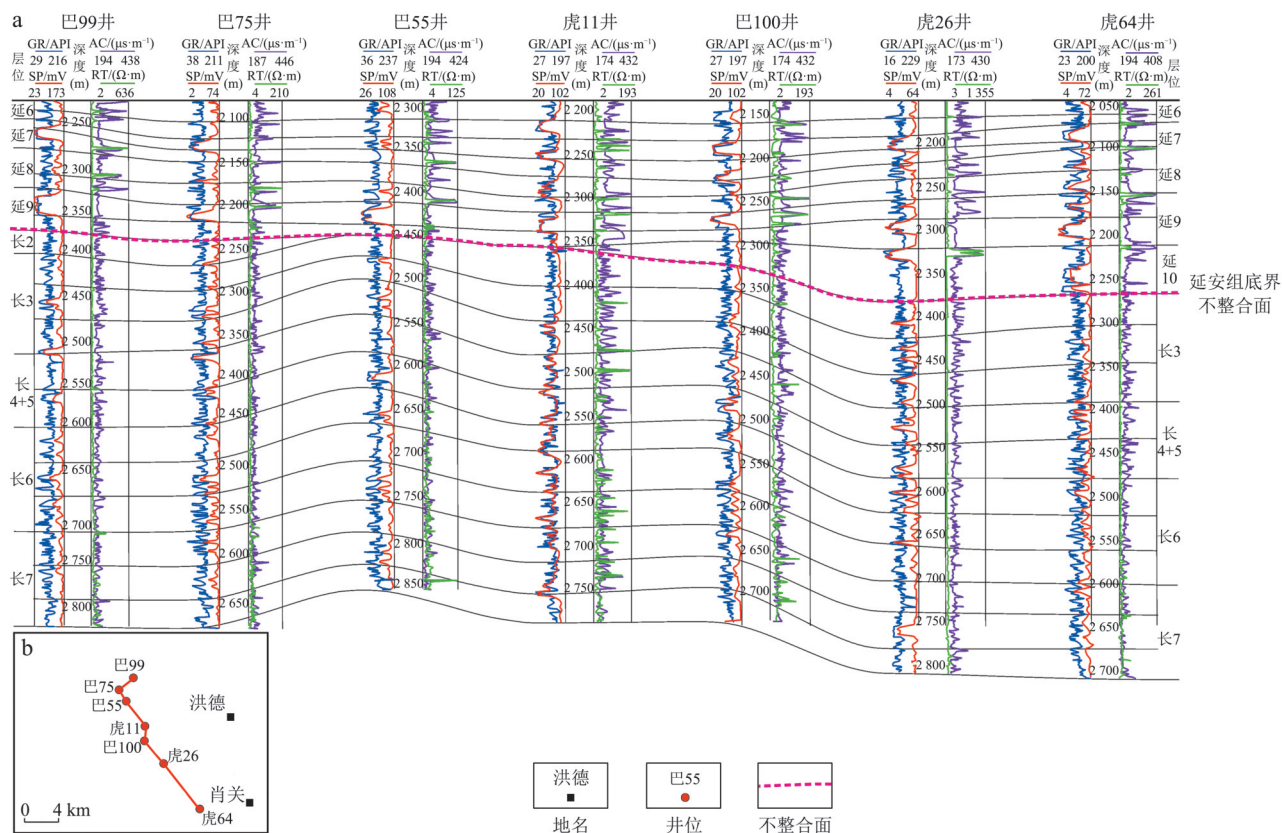


图4 陇东地区洪德区块延安组与延长组之间不整合面

Fig. 4 Unconformity between the Ya'an Formation and the Yanchang Formation, Hongde block, Longdong area

a. 过巴99井—虎64井连井剖面; b. 连井剖面平面位置

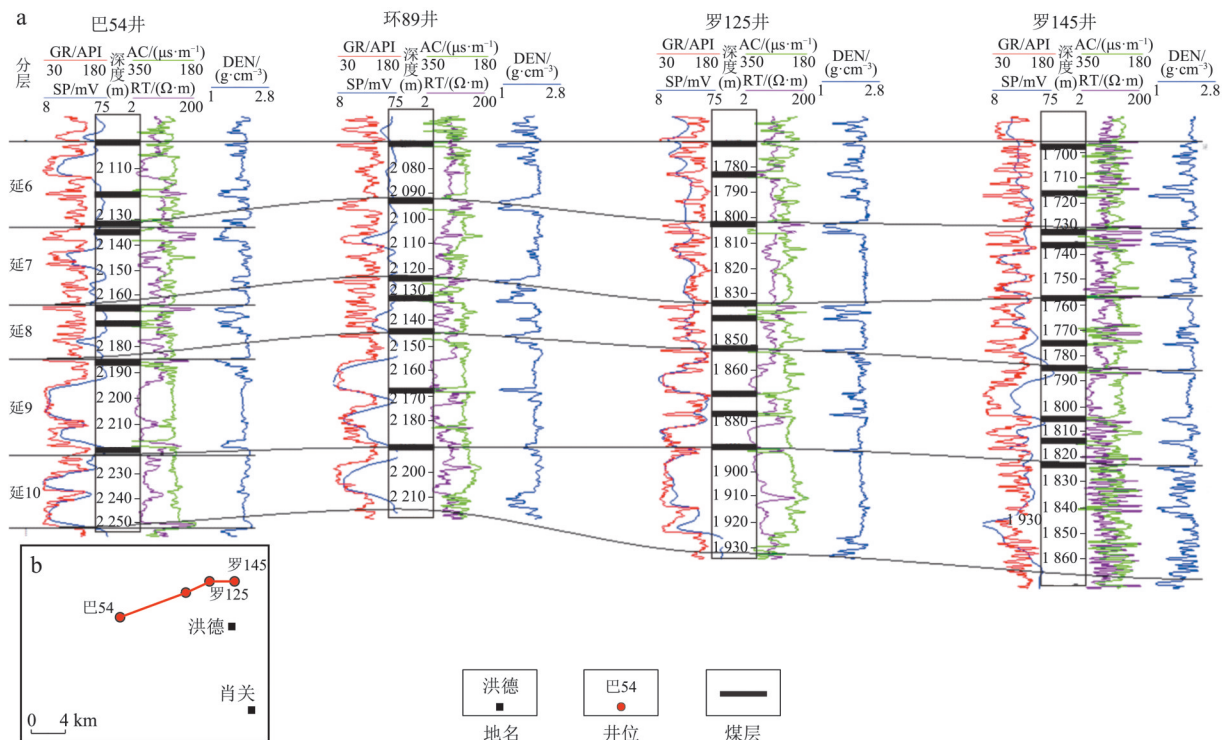


图5 陇东地区洪德区块延安组煤层标志层展布

Fig. 5 Distribution of coal seam markers in the Yan'an Formation, Hongde block, Longdong area

a. 过巴54井—罗145井连井剖面; b. 连井剖面平面位置

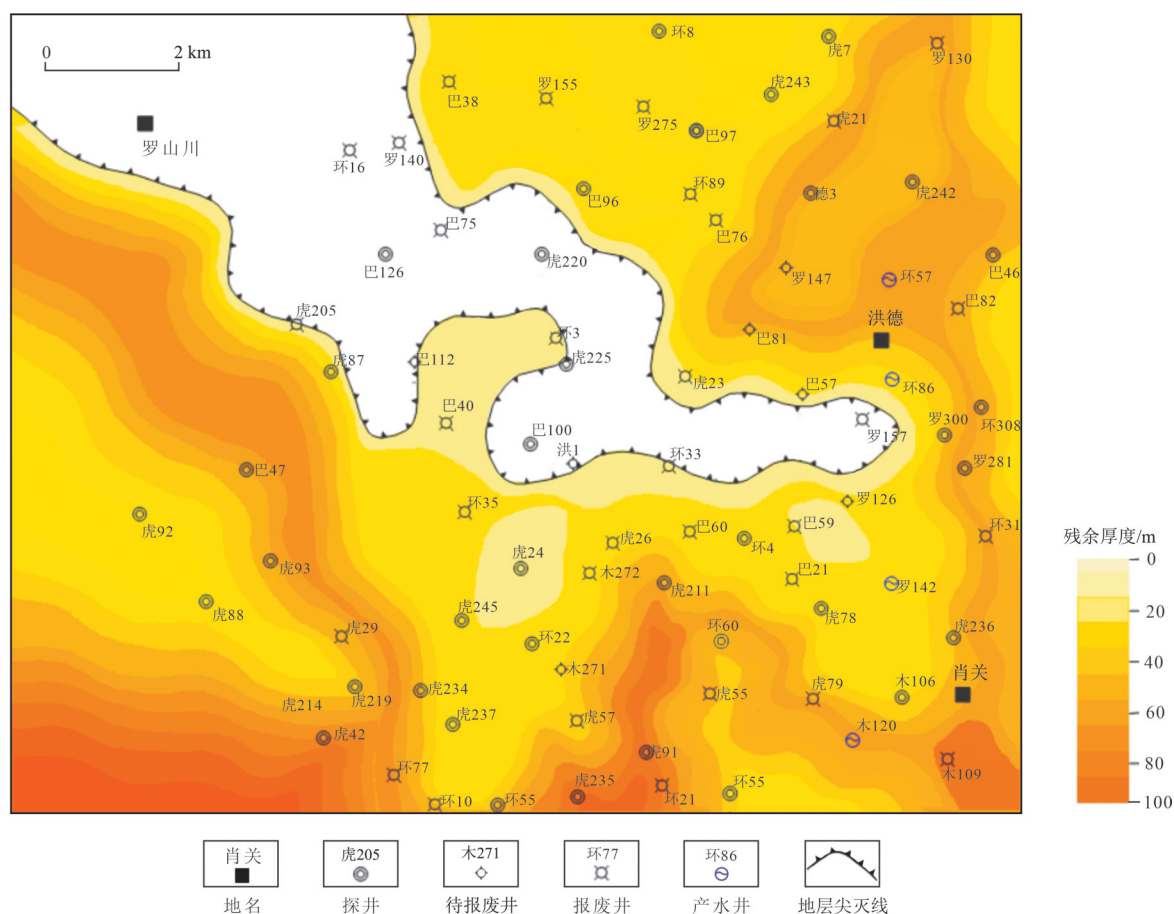


图6 陇东地区洪德区块延10—富县组地层残余厚度平面分布

Fig. 6 Plane distribution of residual thickness of the Yan 10 Member plus the Fuxian Formation, Hongde block, Longdong area

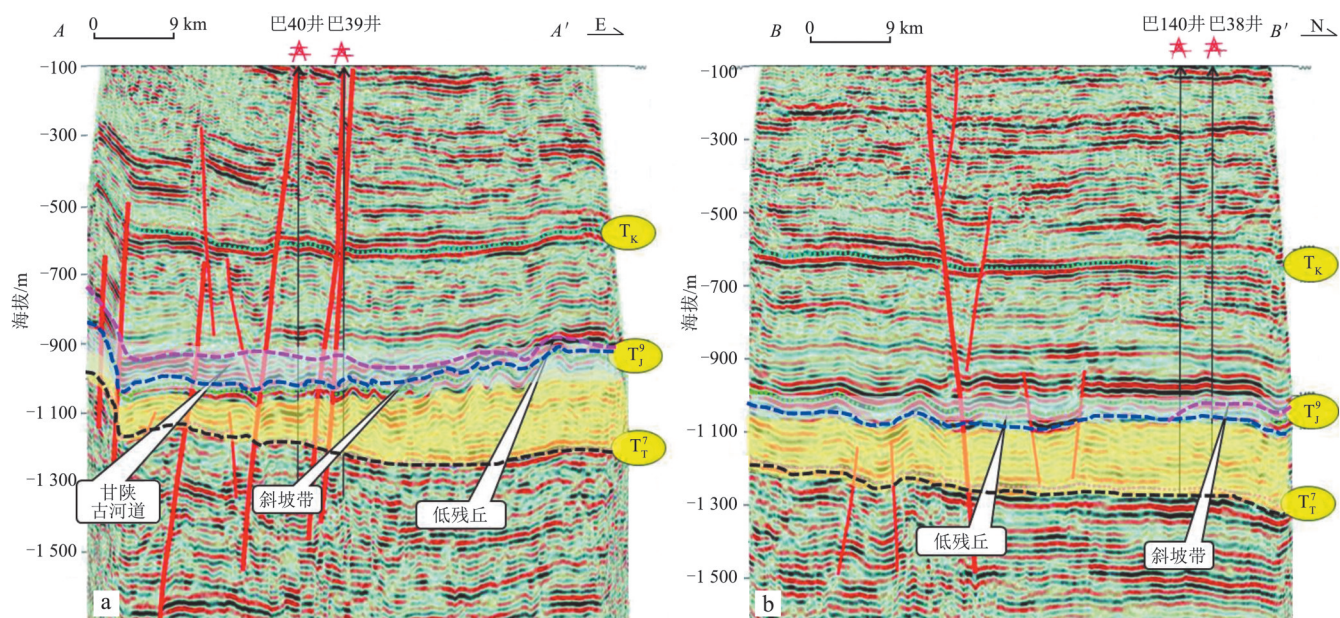


图7 陇东地区洪德区块444地震测线(a)及899地震测线(b)剖面解释结果

Fig. 7 Interpretation of seismic lines 444 (a) and 899 (b), Hongde block, Longdong area

研究区前侏罗纪古地貌具有“古河控制、斜坡带次高地广泛发育、多斜坡带、多支沟并存”的分布特征。侏

罗系油藏主要分布在斜坡带,其次为低残丘(图8),而古河道仅在部分井的延10见油。从层位上看,油藏具

表1 陇东地区洪德区块前侏罗纪延10—富县组古地貌单元划分

Table 1 The pre-Jurassic paleo-geomorphic unit division for the Yan 10 sub-member and Fuxian Formation, Hongde block, Longdong area

古地貌单元	延10—富县组 地层厚度/m	古地貌特征
古河谷	> 60	地势低洼、地形最低
古阶地	≈ 40	古河道和斜坡带之间平缓河道阶地,地形起伏较小;原先河流的谷底,由于河流的下切侵蚀,原侵蚀面相对抬升到洪水位以上,呈阶梯状顺河道分布于古河道两侧
斜坡带	< 40	具一定坡度,地形相对较高,周围被古河道环抱
河间丘	40 ~ 60	古河道中央,地势高于河道
低残丘	< 20	古斜坡上局部发育的凸起,规模小而孤立

有“底部多,上部少”的分布特征,主要分布在延9,其次为延10,向上分布减少,延6—延8通常仅局部发育小规模成藏。斜坡带高地与古河谷之间的过渡区域为古阶地,通常为油气运移的过渡之地,也分布了一些产油井。

结合研究区前侏罗纪古地貌格局重建和试油结果可知,工业油井主要分布在斜坡、低残丘及其附近区域;斜坡带是侏罗系油气成藏聚集最为有利的区域,产水井多分布在古河谷区域(图8)。河间丘位于古河道中央,地势高于河道,通常沿着河道展布,成藏潜力一般(图8)。此外,研究区不同类型的古地貌单元之间支沟发育,多支沟交汇,形成河水反复冲刷的坡嘴,且砂体泥质组分含量低,也是油气成藏的有力区域(图8)。研究区的支沟向东南方向发育,最终汇入甘陕古河。

3.2 构造控藏规律

研究区侏罗系发育岩性—构造油藏,储层物性较好,油水分异程度高,具有明显的油顶和油水界面(图9)。根据开发井试油效果,油藏中部油气富集程度高,试排可获高产工业油流,靠近油水界面处,试排常见油水同出,而在更低部位则仅产水(图9)。

研究区侏罗系断裂发育,多沿NE-SW方向展布,

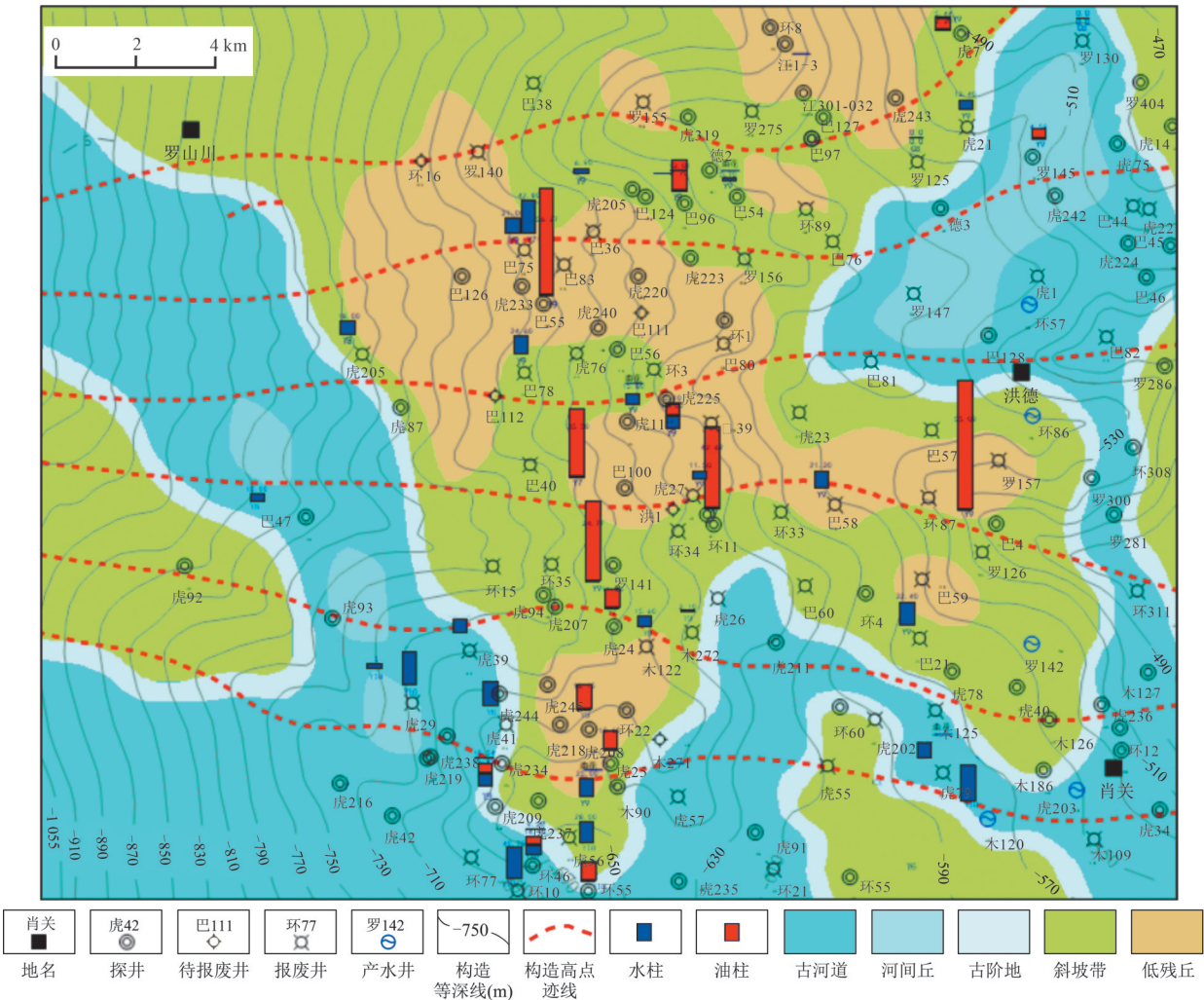
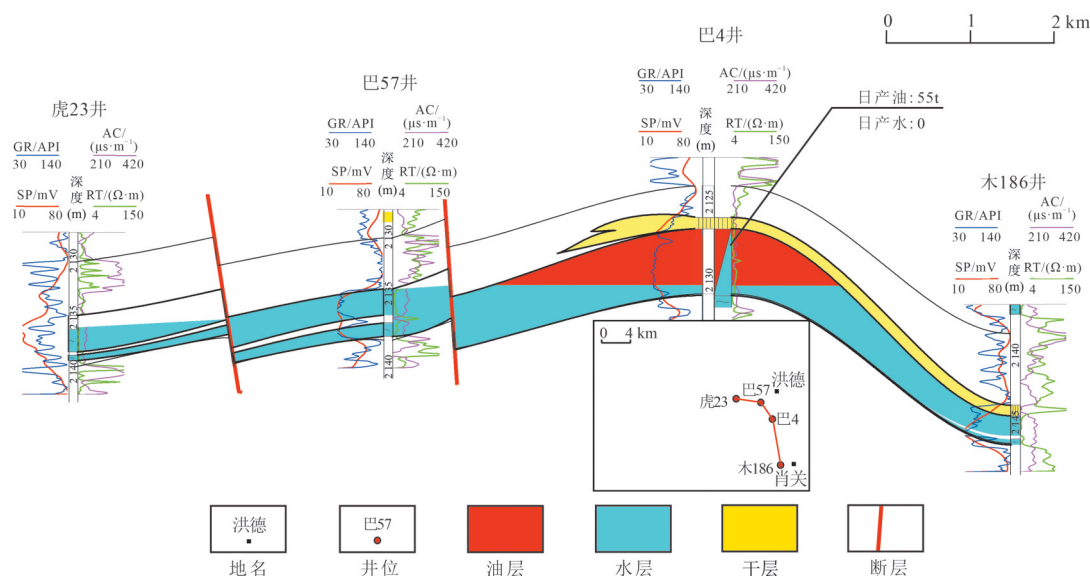
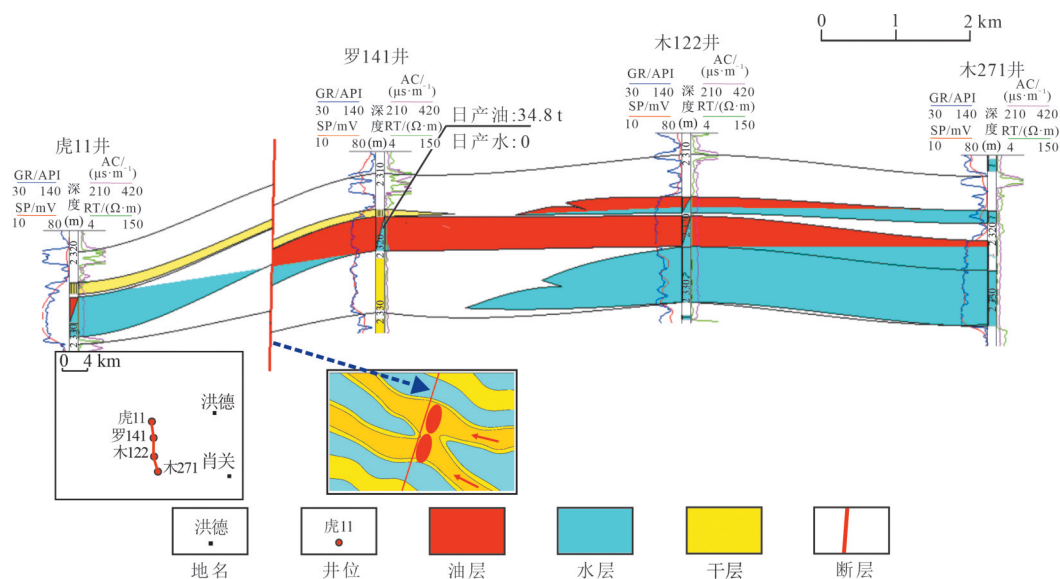


图8 陇东地区洪德区块前侏罗纪古地貌单元划分

Fig. 8 The pre-Jurassic paleo-geomorphic unit division, Hongde block, Longdong area

图9 陇东地区洪德区块过虎23井—木186井延9¹油藏剖面Fig. 9 Yan 9¹ reservoir profile from Well Guohu 23 to Well Mu 186, Hongde block, Longdong area图10 陇东地区洪德区块过虎11井—木271井延9¹油藏剖面Fig. 10 Yan 9¹ reservoir profile from Well Hu 11 to Well Mu 271, Hongde block, Longdong area

断距可达数十米。大部分断裂产状近垂直,剖面上多见树枝状和花状结构(图7),表明断裂具有一定走滑性质。砂岩沿油藏构造上倾方向尖灭,形成遮挡和圈闭,构造下倾方向有边水或底水,油藏受岩性与构造双重因素的控制(图10)。研究区砂体为NW-SE走向,断裂带与砂体走向在平面上呈切割关系,并形成小型断块。断裂两侧落差较显著,形成特殊的地垒—地堑交替地质构造。沟通长7烃源岩的断层上倾盘遇到圈闭时,往往形成油气聚集藏的场所;而下倾盘因无有效封闭遮挡,不利于油气成藏(图10)。研究还表明,高产井主要分布在正断裂附近,而逆断裂附近主要为

低产井。研究区中部和南部的断裂,油气输导能力较强,油源沟通性好,最利于油气富集。统计结果显示,侏罗系各小层压裂试(油)井17口,其中12口在断裂附近1~2 km内,占比达70.6%。因此,断裂和构造圈闭对侏罗系油藏有着重要的控制作用。

3.3 沉积储层控藏规律

延安组沉积砂体形态受到沉积环境及古地貌的影响,延6—延9在全区广泛分布,但砂体厚度相对较薄,仅3~10 m,薄砂体的连通程度相对较低(图11)。延10亚段继承了富县组河流相沉积特征,砂体厚度相对

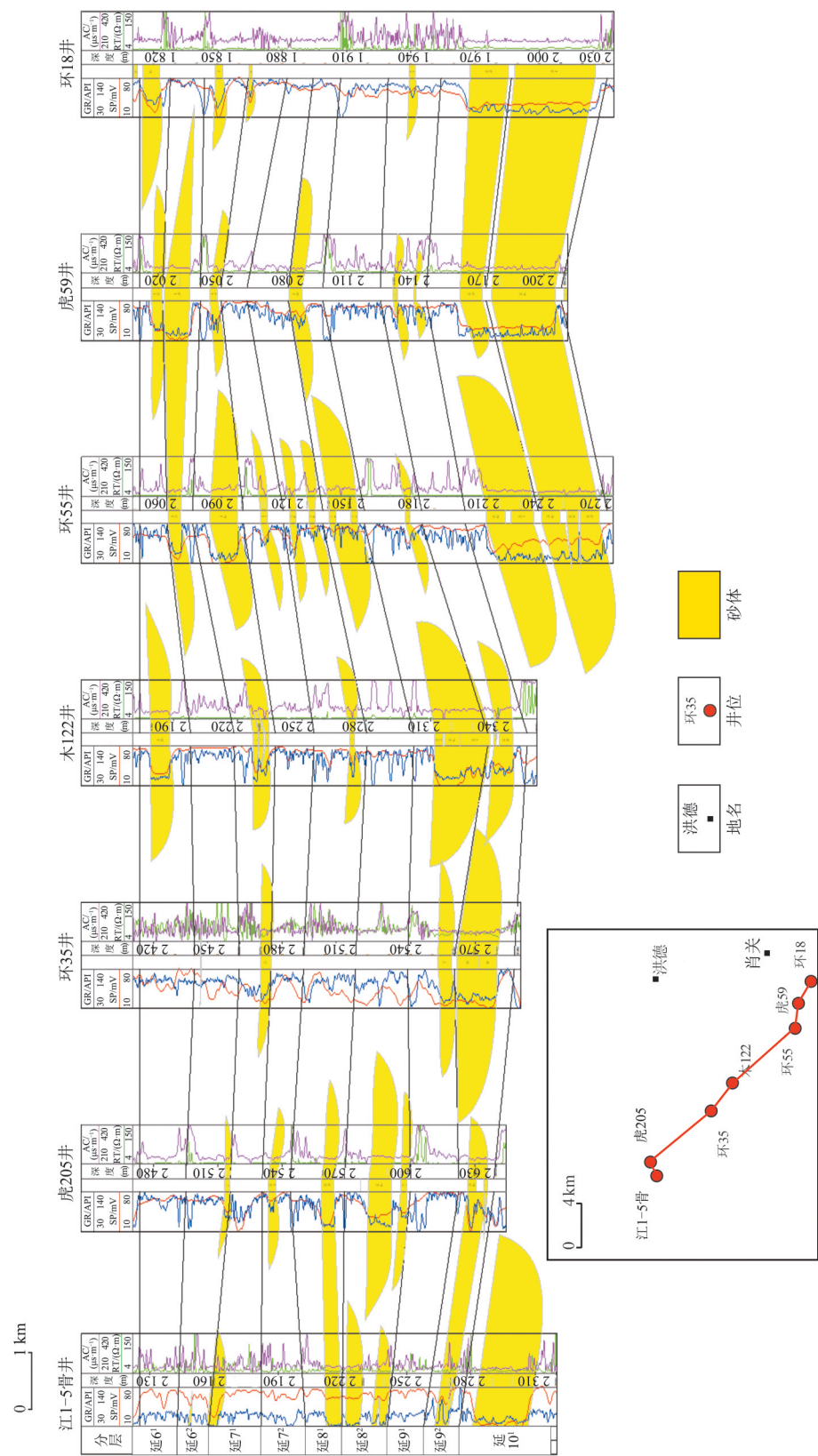


图 11 陇东地区洪德区块过江 1—5 骨井—环 18 井延 6—延 10 沉积相剖面

Fig. 11 Sedimentary facies profile of Yan 6-Yan 10 members crossing wells Jiang1-5gu and Huan 18, Hongde block, Longdong area

较大,为6~25 m,砂体的连通程度较高(图11)。

研究区侏罗系储层综合分类评价标准如表2所示,该分类方案主要是基于测井资料,同时综合了储层砂体规模、孔隙结构特征和物性特征。侏罗系储层被

划分为Ⅰ类(优质)、Ⅱ类(良好)、Ⅲ类(中等)和Ⅳ类(非或差储集层)。由于研究区侏罗系油藏主要分布在延9¹小层,因此基于表2评价标准绘制了延9¹储层类型综合评价平面图(图12)。

表2 陇东地区洪德区块侏罗系储层综合分类测井评价标准

Table 2 Comprehensive logging evaluation criteria for the Jurassic reservoirs, Hongde block, Longdong area

分类参数		Ⅰ类储层	Ⅱ类储层	Ⅲ类储层	Ⅳ类(非储层)
孔隙结构特征	填隙物含量/%	≤10.0	10.0~14.0	≥14.0	≥14.0
	面孔率/%	≥12.0	8.0~12.0	≤8.0	≤8.0
	可动流体饱和度/%	≥50	45~50	40~45	≤40
物性特征	孔隙度/%	≥16.0	13.0~16.0	10.0~13.0	≤10.0
	渗透率/(10 ⁻³ μm ²)	≥12	8~12	4~8	≤4
含油性特征	含油饱和度/%	≥40	30~40	20~30	≤20
砂体规模	砂地比/%	≥0.35	0.40~0.60	0.20~0.40	≤0.20
	砂体厚度/m	≥12	9~12	6~9	≤6

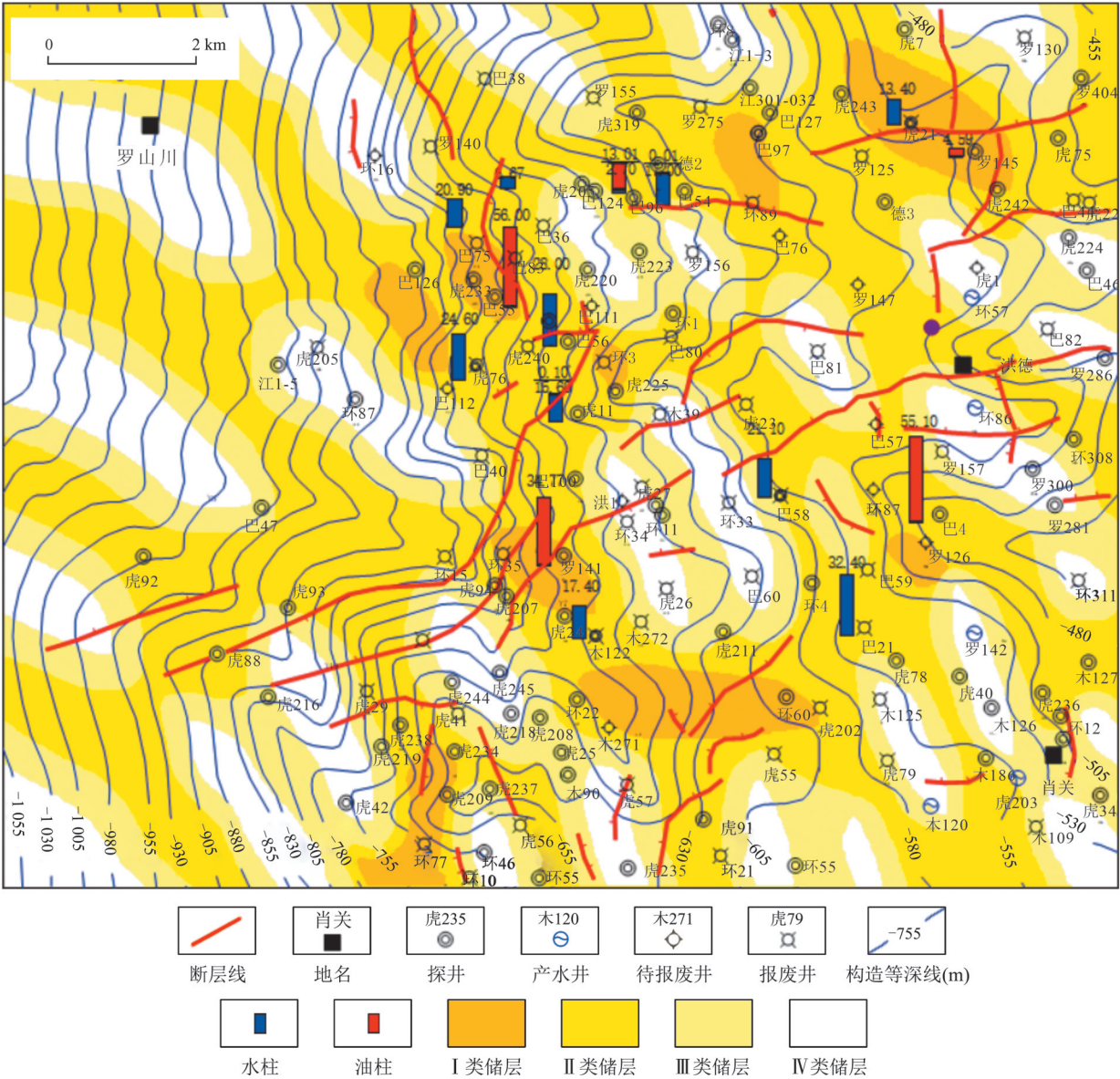


图12 陇东地区洪德区块延9¹小层不同类型储集砂体平面分布

Fig. 12 Plane distribution of different types of sand bodies in the Yan 9¹ layer, Hongde block, Longdong area

由图 12 可知,研究区延 9¹小层主要发育Ⅱ类储层,局部发育Ⅰ类储层。高孔、高渗的Ⅰ类和Ⅱ类储层利于油藏富集。优质沉积储层是侏罗系延安组成藏的三级控制因素,是成藏的必要不充分条件。

3.4 成藏要素组合及评价

陇东地区延安组三级控藏要素依次为古地貌、构造(断裂及圈闭)和沉积储层。其中,古地貌是主导因素,前侏罗纪古地貌斜坡带及低残丘区域利于成藏;低幅度构造及断裂为油气的输导和保存提供了重要的外部条件;沉积储层是成藏的必要不充分条件。

对比古地貌、构造及沉积储层 3 个成藏要素特征和试油结果,提出陇东地区侏罗系延安组的成藏要素组合判别方法。不同成藏要素的权重系数 P 如表 3 所示。成藏权重指数 $P \leq 0.3$ 为成藏要素不匹配;当 P 介于 0.3 和 0.45 之间时为成藏要素匹配;当 $P \geq 0.45$ 时,为成藏要素强匹配。

研究区侏罗系油藏成藏主控因素与产能匹配关系显示,成藏要素组合与当前试采产量的吻合程度接近 80%。部分单井成藏要素匹配情况如表 4 所示,高产油井受古地貌、断裂带、构造圈闭和沉积储层的联合控制。

4 结论

- 1) 鄂尔多斯盆地陇东西部洪德地区前侏罗纪古地貌被划分为 5 类单元。其中斜坡带和低残丘利于成藏,古阶地也具备一定成藏潜力,但古河谷仅延 10 具备一定成藏潜力。
- 2) 多支沟交汇河水反复冲刷的坡嘴位置砂体泥质组分含量低,是成藏的有力部位。侏罗系油藏有明显的油顶及油水界面,断裂带与砂体走向在平面上为切割关系;断层上倾盘圈闭利于成藏,而下倾盘因无有效封闭遮挡,往往不利于成藏。正断裂相比逆断裂更易成藏。

表 3 陇东地区洪德区块侏罗系油藏成藏要素权重系数分配
Table 3 Distribution of weight coefficients of hydrocarbon accumulation factors for Jurassic reservoirs, Hongde block, Longdong area

成藏要素	一级控藏要素				二级控藏要素						三级控藏要素		
	古地貌				构造圈闭			断裂			沉积储层		
	低残丘	斜坡带	古阶地	古河谷	顶部	翼部	底部	靠近正断裂	靠近逆断裂	距断裂 > 2 km	Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类
权重系数(P)	0.15	0.20	0.10	0	0.10	0.10	0	0.20	0	0.05	0.05	0.05	0
权重加和	0.45				0.45						0.10		

表 4 陇东地区洪德区块侏罗系油藏成藏要素组合与试采匹配程度
Table 4 Matching degree of combination of hydrocarbon accumulation factors with test production of Jurassic reservoirs, Hongde block, Longdong area

井号	生产层位	试采日产量/t	成藏要素匹配												权重系数 (<i>P</i>)	成藏要素 匹配程度	试采 结论	成藏要素与 试采吻合 程度
			古地貌				构造圈闭		断裂			储层						
			低 残 丘	斜 坡 带	古 阶 地	古 河 谷	顶部	翼部	底部	靠近 正断裂	靠近 逆断裂	距断裂 > 2 km	I 类	II 类				
巴 54	延 10	0.06	√				√			√				√	0.30	不匹配	低产	符合
罗 283	延 7	0.01	√					√	√				√		0.25	不匹配	低产	符合
虎 209	延 9	5.40			√		√			√				√	0.45	强匹配	高产	符合
虎 25	延 9	1.48		√				√					√		0.40	匹配	低效	符合
虎 218	延 7	3.73	√				√			√				√	0.50	强匹配	高产	符合
虎 208	延 9	4.32	√					√					√		0.35	匹配	高产	符合
罗 141	延 9	6.28		√			√			√			√		0.55	强匹配	高产	符合
巴 4	延 9	4.45		√			√						√		0.40	匹配	高产	符合
木 126	延 7	0.30		√			√						√	√	0.40	匹配	低产	不符合

3) 高孔和高渗的 I 类、II 类储层利于油藏富集。优质沉积储层是延安组成藏的必要不充分条件。

4) 提出了适用于陇东地区侏罗系延安组的成藏要素组合判别方法, 可有效预测侏罗系油藏。

参 考 文 献

- [1] 赵小萌, 郭峰, 彭晓霞, 等. 鄂尔多斯盆地安边地区延 10 砂质辫状河相储层特征及主控因素[J]. 岩性油气藏, 2021, 33(6): 124-134.
Zhao Xiaomeng, Guo Feng, Peng Xiaoxia, et al. Reservoir characteristics and main controlling factors of Yan 10 sandy braided fluvial facies in Anbian area, Ordos Basin. Lithologic Reservoirs[J], 2021, 33(6): 124-134.
- [2] 赵虹, 党彝, 党永潮, 等. 鄂尔多斯盆地安塞志丹地区侏罗系延安组下部组合沉积演化及其对油气的控制[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2020, 50(3): 490-500.
Zhao Hong, Dang Ben, Dang Yongchao, et al. Depositional system and its evolution of the Lower Yan'an Formation Jurassic in Ansai District, Ordos Basin[J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2020, 50(3): 490-500.
- [3] 时志强, 韩永林, 赵俊兴, 等. 鄂尔多斯盆地中南部中侏罗世延安期沉积体系及岩相古地理演化[J]. 地球学报, 2003, 24(1): 49-54.
Shi Zhiqiang, Han Yonglin, Zhao Junxing, et al. Depositional system and paleogeographic evolution of the middle Jurassic Yan'anian stage in the central and southern Ordos Basin[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2003, 24(1): 49-54.
- [4] 程逸凡, 董艳蕾, 朱筱敏, 等. 准噶尔盆地春光探区白垩纪古地貌恢复及其控砂机制[J]. 古地理学报, 2020, 22(6): 1127-1142.
Cheng Yifan, Dong Yanlei, Zhu Xiaomin, et al. Cretaceous paleogeomorphology restoration and its controlling mechanism on sand-bodies in Chunguang exploration area, Junggar Basin [J]. Journal of Palaeogeography (Chinese Edition), 2020, 22(6): 1127-1142.
- [5] 蒋代琴, 文志刚, 汤仁文, 等. 鄂尔多斯盆地吴起地区古地貌对侏罗系下部油藏形成和富集控制机制分析[J]. 地质力学学报, 2018, 24(5): 627-634.
Jiang Daiqin, Wen Zhigang, Tang Renwen, et al. Analysis on the formation and enrichment control mechanism of the lower Jurassic Reservoirs by Paleo-geomorphology of Wuqi area in the Ordos Basin [J]. Journal of Geomechanics, 2018, 24(5): 627-634.
- [6] 王霞, 刘凤林, 范柏江, 等. 鄂尔多斯盆地吴起曾岔地区前侏罗纪古地貌与油藏成藏规律[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2020, 56(1): 8-15.
Wang Xia, Liu Fenglin, Fan Bo-jiang, et al. Palaeogeomorphic features of pre-Jurassic and accumulation regularity of oil reservoir of Zengcha Area in Wuqi County, Ordos Basin [J]. Journal of Lanzhou University (Natural Sciences), 2018, 24(5): 627-634.
- [7] 王科, 赵俊峰, 薛锐, 等. 鄂尔多斯盆地延安组河流沉积类型及演变-来自典型露头精细解剖的证据[J]. 沉积学报, 2021, 45(2): 1-14.
Wang Ke, Zhao Jun-feng, Xue Rui, et al. Fluvial sedimentary types and their evolution in the Yan'an Formation in the Ordos Basin: Evidence from the detailed anatomy of typical outcrops[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2021, 45(2): 1-14.
- [8] 张倩, 李文厚, 刘文汇, 等. 鄂尔多斯盆地侏罗纪沉积体系及古地理演化[J]. 地质科学学报, 2021, 56(4): 1106-1119.
Zhang Qian, Li Wenhui, Liu Wenhui, et al. Jurassic sedimentary system and paleogeographic evolution of Ordos Basin [J]. Chinese Journal of Geology (Scientia Geologica Sinica), 2021, 56(4): 1106-1119.
- [9] 刘世峰. 高桥地区黄土塬全数字地震采集技术应用研究[D]. 西安: 西安石油大学, 2011.
Liu Shifeng. The Application Research of Whole Seismic Acquisition Technology in the Loess Tableland of Gaoqiao Area [D]. Xi'an: Xi'an Shiyou University, 2011.
- [10] 赵俊兴, 陈洪德. 鄂尔多斯盆地侏罗纪早中期甘陕古河的演化变迁[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(2): 152-158.
Zhao Junxing, Chen Hongde. Evolution of Gan-Shaan paleo-channel during Early and Middle Jurassic in Ordos basin [J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(2): 152-158.
- [11] 刘玄春. 鄂尔多斯盆地环县地区侏罗系富县组-延 10 油层组古地貌分析及沉积相特征研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2018.
Liu Xuanchun. Paleogeomorphic analysis and sedimentary facies characteristics of Jurassic Fuxian-Yan 10 reservoir group in Huanxian area, Ordos Basin [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2018.
- [12] Harmon R S, Wicks C M. Perspectives on karst geomorphology, hydrology, and geochemistry: A tribute to Derek C Ford and William B White [M]. Boulder: Geological Society of America, 2006, 1-5.
- [13] 朱静, 李文厚, 韩永林, 等. 陇东地区前侏罗纪古地貌及油藏成藏规律研究[J]. 沉积学报, 2010, 28(6): 1229-1237.
Zhu Jing, Li Wenhui, Han Yonglin, et al. Research on palaeogeomorphic features of Pre-Jurassic and accumulation regularity of oil reservoir in the area of eastern Gansu, Ordos Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28(6): 1229-1237.
- [14] 赵虹, 党彝, 郑小杰, 等. 安塞油田前侏罗纪古地貌特征及其与油气富集关系[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2012, 42(2): 270-275.
Zhao Hong, Dang Ben, Zheng Xiaojie, et al. Pre-Jurassic palaeogeomorphology and the relations with oil and gas accumulation in Ansai Oilfield [J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2012, 42(2): 270-275.
- [15] Martin R. Paleogeomorphology and its application to exploration for oil and gas (with examples from western Canada) [J]. AAPG Bulletin, 1966, 50(10): 2277-2311.
- [16] 赵俊兴, 陈洪德, 杨华, 等. 鄂尔多斯中南部中下侏罗统储层成因类型与油气聚集关系[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2005, 28(3): 246-251.
Zhao Junxing, Chen Hongde, Yang Hua, et al. Genetic types and

- their relationship with oil-gas accumulation of the Lower and Middle Jurassic reservoirs in Ordos Basin[J]. China. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2005, 28(3): 246-251.
- [17] 李树同, 张海峰, 王多云, 等. 聚油古地貌成因类型及其有利成藏条件分析——以鄂尔多斯盆地上里塬地区前侏罗纪古地貌为例[J]. 沉积学报, 2011, 29(5): 962-969.
- Li Shutong, Zhang Haifeng, Wang Duoyun, et al. Genetic type of oil-gas accumulation paleogeomorphology and favorable conditions for petroleum accumulation: Taking the paleogeomorphology of Pre-Jurassic in Shangliyu area, Ordos Basin as an example[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2011, 29(5): 962-969.
- [18] 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]. 成都理工大学学报, 2001, 32(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, 14, 32(3): 260-266.
- [19] 程艳红. JW 地区侏罗系成藏规律及控制因素研究[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2016, 34-37.
- Cheng Yanhong. Study on the forming rules and controlling factors of the JW Jurassic reservoirs [D]. Qinhuangdao: Yanshan University, 2016, 34-37.
- [20] 刘联群, 刘建平, 李勇, 等. 鄂尔多斯盆地彭阳地区侏罗系延安组油气成藏主控因素分析[J]. 地球科学与环境学报, 2010, 32(3): 263-267.
- Liu Lianqun, Liu Jianping, Li Yong, et al. Main factors influencing oil reservoir in Jurassic Yan'an Formation in Pengyang Area, Ordos Basin [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2010, 32(3): 263-267.
- [21] 宋凯, 吕剑文, 凌升阶, 等. 鄂尔多斯盆地定边—吴旗地区前侏罗纪古地貌与油藏[J]. 古地理学报, 2003, 5(4): 497-507.
- Song Kai, Lü Jianwen, Ling Shengjie, et al. Palaeogeomorphic features of the Pre-Jurassic and oil reservoir of Dingbian-Wuqi area in Ordos Basin [J]. Journal of Palaeogeography (Chinese Edition), 2003, 5(4): 497-507.
- [22] 时保宏, 秦馨雨, 张才利, 等. 鄂尔多斯盆地姬塬地区延长组6段油藏差异成藏因素[J]. 石油与天然气地质, 2021, 42(5): 1112-1123.
- Shi Baohong, Qin Xinyu, Zhang Caili, et al. Insights on factors causing differential enrichment of Chang 6 Member in Jiyuan area, Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2021, 42(5): 1112-1123.
- [23] 刘畅, 张道旻, 李超, 等. 鄂尔多斯盆地临兴区块上古生界致密砂岩气藏成藏条件及主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2021, 42(5): 1146-1158.
- Liu Chang, Zhang Daomin, Li Chao, et al. Upper Paleozoic tight gas sandstone reservoirs and main controls, Linxing block, Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2021, 42(5): 1146-1158.
- [24] 刘池洋, 王建强, 张东东, 等. 鄂尔多斯盆地油气资源丰富的成因与赋存-成藏特点[J]. 石油与天然气地质, 2021, 42(5): 1011-1029.
- Liu Chiyang, Wang Jianqiang, Zhang Dongdong, et al. Genesis of rich hydrocarbon resources and their occurrence and accumulation characteristics in the Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2021, 42(5): 1011-1029.
- [25] 任战利, 祁凯, 李进步, 等. 鄂尔多斯盆地热动力演化史及其对油气成藏与富集的控制作用[J]. 石油与天然气地质, 2021, 42(5): 1030-1042.
- Ren Zhanli, Qi Kai, Li Jinbu, et al. Thermodynamic evolution and hydrocarbon accumulation in the Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2021, 42(5): 1030-1042.

(编辑 卢雪梅)