

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

蒋代琴^{1,2}, 文志刚^{1,2}, 汤仁文³, 贺彤彤³

(1. 长江大学油气资源与勘探技术教育部重点实验室, 湖北 武汉 430100;

2. 长江大学资源与环境学院, 湖北 武汉 430100;

3. 长庆油田分公司第九采油厂, 宁夏 银川 750000)

摘要: 为了研究吴起地区侏罗系古地貌油藏成藏主控因素, 采用沉积学古地貌恢复法, 依据富县组+延10地层砂体厚度刻画吴起地区侏罗系古水系分布, 结合鄂尔多斯盆地前侏罗纪古地质特征, 对吴起地区古地貌特征及侏罗系下部油藏成藏和富集规律进行了研究, 在此基础上总结了油气成藏模式。研究表明: 吴起地区发育下切河谷、斜坡带和河间丘三种古地形。前侏罗纪古地形控制着侏罗纪早期地层的沉积和油藏的分布, 富县组地层与延长组之间的角度不整合剥蚀面和侵蚀河谷厚层高渗砂体是石油运移的主要通道, 同时高渗砂体也是侏罗系下部油藏的主要储集体。依据侏罗系下部油藏的空间分布, 结合古地貌、沉积环境、微构造特征等多方面因素总结出吴起地区侏罗系古地貌油藏的3种成藏模式: 斜坡式、河间丘式和古河式, 其中河间丘式油藏最为发育。

关键词: 成藏模式; 古地貌特征; 侏罗系; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

ANALYSIS ON THE FORMATION AND ENRICHMENT CONTROL MECHANISM OF THE LOWER JURASSIC RESERVOIRS BY PALEO-GEOMORPHOLOGY OF WUQI AREA IN THE ORDOS BASIN

JIANG Daiqin^{1,2}, WEN Zhigang^{1,2}, TANG Renwen³, HE Tongtong³

(1. Key Laboratory of Oil and Gas Resources and Exploration Technology, Ministry of Education, Yangtze University, Wuhan 430100, Hubei, China;

2. College of Resources and Environment, Yangtze University, Wuhan 430100, Hubei, China;

3. The ninth Oil Production Plant of Changqing Oilfield Company, Yinchuan 750000, Ningxia, China)

Abstract: In order to study the main controlling factors of the accumulation of Jurassic paleogeomorphic reservoir in Wuqi area, sedimentological paleogeomorphic restoration method was mainly used to describe the distribution of Jurassic paleodrainage system in Wuqi area according to the sand body thickness of the Fuxian Formation + Yan 10 Formation. Combined with the pre-Jurassic paleogeological characteristics of the Ordos Basin, the paleogeomorphic characteristics of the Wuqi area and the accumulation and enrichment of lower Jurassic were studied, and the hydrocarbon accumulation model was summarized. The results shows that there are three ancient terrains in Wuqi area: incised valley, slope zone and mound. The

基金项目: 国家科技重大专项 (2011ZX05033-004)

作者简介: 蒋代琴 (1994-), 女, 在读硕士, 主要从事油气储层地质方向的学习和研究。E-mail: jiangdq728@163.com

通讯作者: 文志刚 (1965-), 男, 教授, 主要从事油气地球化学和石油地质综合研究。E-mail: wzg728@sina.com

收稿日期: 2018-07-22; 修回日期: 2018-09-21

吴芳编辑

pre-Jurassic paleotopography controls the deposition of the early Jurassic strata and the distribution of oil reservoirs. The main channels for oil migration are the angle unconformity and the erosion between the Fuxian Formation and the Yanchang Formation and the thick high-permeable sand bodies in valley. At the same time, the high-permeable sand bodies also the main reservoirs of the lower Jurassic oil reservoirs. According to the spatial distribution of the lower Jurassic reservoirs, combined with various factors such as paleogeomorphology, sedimentary environment and micro-structural characteristics, three types of hydrocarbon accumulation models of Jurassic paleogeomorphology reservoirs in Wuqi area are summarized: slope model, mound model and paleo-valley model, of which mound model reservoirs are the most developed.

Key words: accumulation model; paleogeomorphic features; Jurassic; the Ordos Basin

0 引言

地貌学起源于 19 世纪中叶, 20 世纪 50 年代古地貌学在石油勘探中开始应用^[1], 20 世纪 70 年代中国学者开始应用古地貌学方法来研究油气田分布^[2]。近 20 年来, 鄂尔多斯盆地前侏罗纪古地貌恢复方法^[3-4]和侏罗系古地貌油藏^[5-7]的研究对于提高区域地质认识和指导油气勘探开发起到良好效果。最近, 赵永刚等^[3]总结了我国近些年兴起的代表性古地貌恢复方法, 关于碎屑岩地层总体上分为沉积学古地貌恢复法和高分辨率层序地层学古地貌恢复法。

鄂尔多斯盆地是中国重要的能源生产地, 盆地内油气勘探范围广, 勘探层位多, 由下古生界直至中生界, 勘探对象由背斜油气藏扩展到隐蔽油气藏^[8-10]。近年来随着勘探开发的不断深入, 在盆地内部及边缘地带侏罗系勘探取得重大突破, 吴起地区侏罗系也陆续勘探开发, 目前吴起地区侏罗系勘探开发程度较高。侏罗系油藏为古地貌披盖河道砂油藏^[5], 具有“小而肥”的特点^[11], 该类油藏受控因素多样, 但侏罗系下部延 10 油藏主要受前侏罗系古地貌的控制。从众多学者研究成果和工作实践中发现, 以往鄂尔多斯盆地前侏罗纪古地形图^[2,5-6]对吴起地区前侏罗纪古地貌的认识不够精准。因此在室内编图、对比分析的基础上, 综合了吴起地区 350 余口井钻井剖面及 20 多口井的岩心资料, 主要采用沉积学古地貌恢复方法(利用各类基础地质图件如沉积前古地质图、砂岩等厚图、岩相古地理图等, 综合成因相、古流向、古构造特征等进行研究^[3-4]), 精细刻画吴起地区的前侏罗纪古地貌单元, 从吴起地区前侏罗纪古地形, 上覆沉积环境以及压实构造等方面

来分析古地貌形态与油气成藏的关系, 进一步指导油气勘探与开发。

1 地质背景

鄂尔多斯盆地是一个古生代地台及台缘拗陷与中生代台内拗陷叠合的克拉通盆地^[10], 三叠纪末的印支运动使鄂尔多斯盆地整体抬升, 西缘形成逆冲推覆构造带, 西部剥蚀程度较东部强烈, 盆地南部整体呈现“西高中东缓”的特征^[12]。据长庆油田按油层组细分的原则^[13], 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组自下而上分别为长 10—长 1 油层组, 中侏罗统延安组分为延 10—延 1 油层组(见表 1)。晚三叠世末期, 延长组遭受风化侵蚀, 形成了沟谷纵横, 残丘广布的古地貌景观^[5], 在这样的背景下沉积了下侏罗统富县组和中侏罗统延安组, 与下伏延长组呈角度不整合接触^[14-15]。受区域构造沉降、沉积物源供应等因素所控制, 早侏罗世富县期和延 10 期属冲积扇—河流沉积体系, 延 9 初期盆地基本填平补齐, 延 9—延 6 期属河湖—三角洲沉积体系, 延 5 + 延 4 期演变为网状河—残余湖泊沉积体系^[12,14]。吴起地区位于陕北斜坡中偏西部, 富县期和延 10 期发育辫状河沉积, 河道砂体为最主要的储集体。通过对研究区轻重矿物组分的研究, 主要为西北向物源, 局部为东北向物源。

2 前侏罗纪古地貌特征

郭正权^[6]等研究了鄂尔多斯盆地前侏罗纪地层的分布, 总体上表现为环县—正宁西南部出露层位(长 6)较东北部出露层位(长 2 或长 1)老, 延长组地层出露层位的新老与古河流的级别

表1 鄂尔多斯盆地上三叠统-中侏罗统地层划分简表 (据文献 [12~15] 整理)

Table 1 A summary of the Upper Triassic-Middle Jurassic stratigraphic division in the Ordos Basin (collecting from references [12~15])

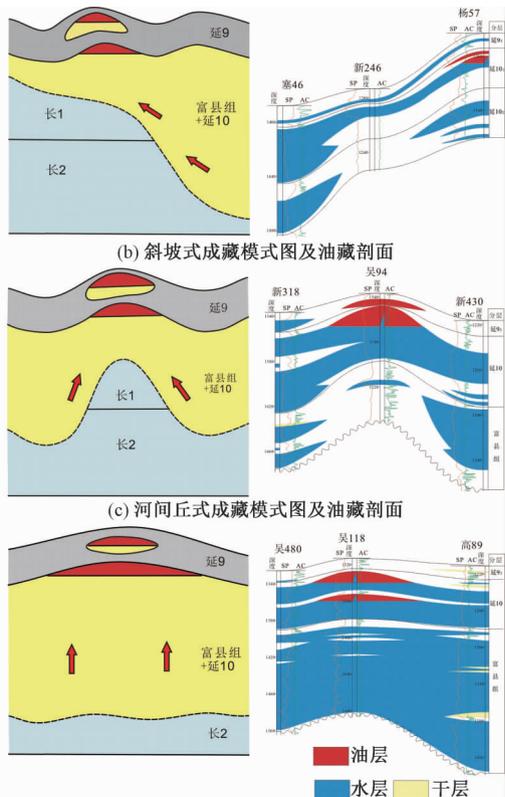
统	地层系统		地层厚度/m	沉积体系	岩性特征
	组	油层组			
中侏罗统	直罗组				上部灰绿、深灰色泥岩与灰白色中砂岩互层; 下部灰色泥岩与灰白、灰色泥质砂岩, 中细砂层呈不等厚互层
	延安组	延3—延1	0~280	网状河-残余湖泊	粉砂岩、泥质粉砂岩、煤层和煤线, 常见较丰富的植物根化石和植物叶化石
		延4+5	250~300		下部主要发育灰白色细砂岩、灰黑色粉砂质泥岩、泥岩互层; 上部主要发育灰黑色泥岩、炭质泥岩夹灰白色粉砂岩
		延6		河湖-三角洲	下部发育灰白色细粒长石砂岩或岩屑砂岩; 上部发育泥岩、炭质泥岩、粉砂质泥岩
		延7			灰黑色泥岩与灰白色细粒砂岩, 夹煤层, 含油层系
		延8			灰黑色泥岩与灰白色细粒砂岩, 夹煤层、炭质泥岩, 含油层系
		延9			中-粗砂岩、细砂岩以及泥质岩和粉砂岩, 含油层系
富县组	0~250	冲积扇-河流	灰黑色、紫红色及杂色的泥岩, 中粗粒砂岩、细砾岩		
下侏罗统	富县组				
上三叠统	延长组	长10—长1	800~1400	湖泊-三角洲	上部为泥岩夹粉细砂岩、碳质页岩及煤层; 中部以厚层块状砂岩为主, 夹砂质泥岩、炭质页岩; 下部为长石砂岩、暗色泥岩夹灰色粉细砂岩, 含油层系

和流向有关, 地层出露轮廓很好地再现一、二级古河的形态。盆地内发育东西向甘陕一级古河和二级宁陕、蒙陕和庆西古河^[4,6]。研究区位于蒙陕古河汇入甘陕古河入口, 古河发育面积宽广。研究区钻井、测井资料的处理分析表明吴起地区侏罗系富县组地层直接沉积于延长组长1或者长2地层之上。由于延10期末地层基本趋于平缓, 因此

富县组+延10油层组的地层厚度和岩性变化是盆地前侏罗纪古地貌的记录和印模。通过对研究区富县组+延10地层砂体井间对比剖面、砂岩厚度平面展布特征及前侏罗纪地层平面分布特征的综合分析, 刻画古水系的分布, 恢复吴起地区前侏罗纪古地貌形态。研究区主要发育有下切河谷和斜坡带以及河间丘3种古地貌单元(见图1)。



(a) 古地貌图



(b) 斜坡式成藏模式图及油藏剖面

(c) 河间丘式成藏模式图及油藏剖面

(d) 古河式成藏模式图及油藏剖面

图1 吴起地区前侏罗纪古地貌及油藏模式图 (据文献 [7] 修改)

Fig. 1 Pre-Jurassic paleo-geomorphologic map and reservoir patterns in Wuqi area (modified after [7])

下切河谷,盆地内最低的古地貌单元,富县组+延10地层和砂体的展布特征受控于古河的发展形态。吴起地区所处位置主要发育蒙陕二级古河,北西—南东流向,属于研究区内最低的古地貌单元,剖面结构具有典型的河流充填结构,沉积厚度大,富县组+延10砂体厚度约为80~190 m,侵蚀层位为长2段;古河宽度较大,约为5.5~12 km。在靖边斜坡上发育3条三级古河,分别为东北—西南向苏203井-新214井古河、塞46井-莲98井古河以及近东西向的新182井-新121井古河,古河宽度较小,约1~7 km,砂厚约为80~100 m,下切层位为长1(见表2)。

斜坡带是蒙陕古河与靖边高地之间的过渡地带,属于靖边斜坡的一部分,位于研究区的东北

表2 吴起地区侏罗系古河划分
Table 2 Division of the Jurassic ancient river in Wuqi area

位置	级别	流向	宽度	富县+延10砂厚	侵蚀层位
蒙陕古河	二级	西北-东南	约5.5~12 km	80~190 m	长2
苏203井→新214井	三级	东北-西南	约1~3 km	80~100 m	长1
塞46井→莲98井	三级	东北-西南	约4~6.5 km	80~100 m	长1
新182井→新121井	三级	自东向西	约1~7 km	80~100 m	长1

部。地势相对较高,富县组+延10砂体沉积较薄。

河间丘位于蒙陕古河中间并且地形较古河道高,是由于河谷的冲刷和侵蚀作用而形成的残丘,形状不规则^[16]。研究区发育4个河间丘,且河间丘上沉积富县组地层厚度和砂体厚度较古河沉积砂体薄(见图2)。

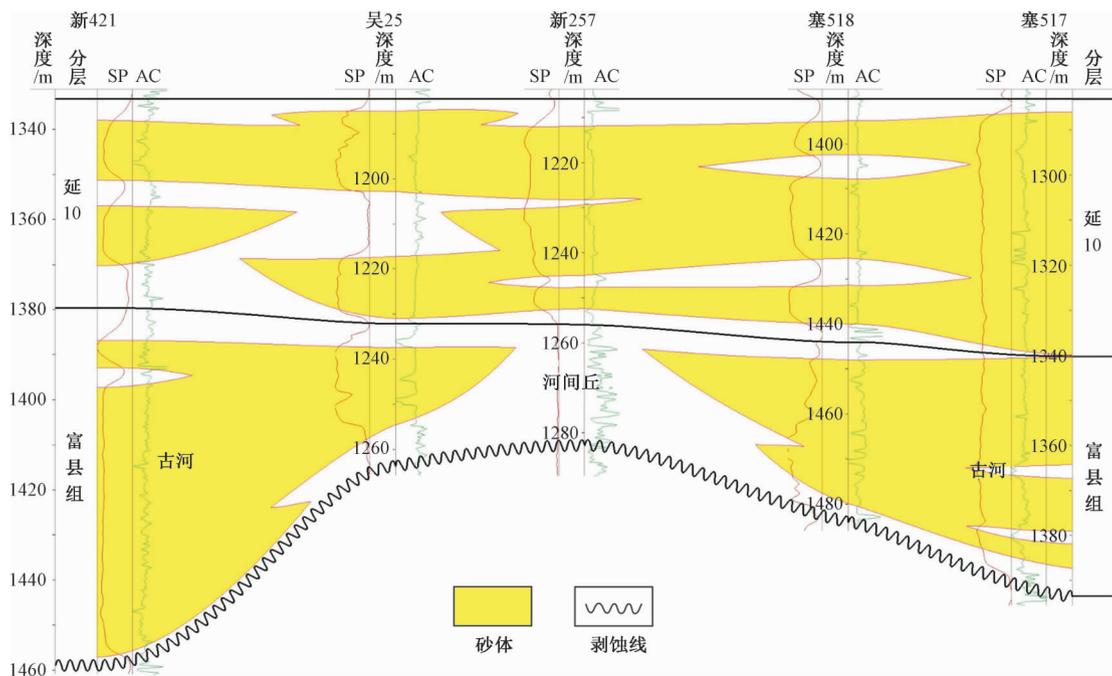


图2 吴起地区新421井-塞517井砂体对比剖面图

Fig. 2 Correlation of the sand bodies from Well Xin 421 to Well Sai 517 in Wuqi area

3 古地貌对侏罗系下部油藏的控制作用

鄂尔多斯盆地中生界油层及油源分析^[17-19]表明,侏罗系富县组和延安组油源来自于下伏延长组的烃源岩,且主要是来自于延长组长7油层组的湖相暗色泥岩、油页岩。罗霞^[20]等对侏罗系煤系地层烃源岩进行研究,表明侏罗系煤有机质生油能力有限,且侏罗系原油与侏罗系煤系地层烃源岩无关。研究区油气由延长组烃源岩中产出,向

上运移至侏罗系遇圈闭成藏,中下侏罗系油藏属于远源下生上储型油藏^[17]。古地貌作为侏罗系油藏的主控因素之一,其不仅影响着侏罗纪早期储层的沉积,还控制着油藏的平面分布,吴起地区古地貌中下切河谷可以作为连接延长组油源和侏罗系圈闭的通道,同时下切河谷沉积的河道砂体也是富县+延10油藏的储集体。

3.1 古地貌控制下的河道砂体是侏罗系下部油藏的有利储集体

三叠纪末期鄂尔多斯盆地构造抬升,河谷下切,之后富县组+延10地层沉积。研究区主要位

于蒙陕古河道位置, 在富县组 + 延 10 沉积期主要受西北物源的影响, 发育辫状河沉积, 研究区主河道为西北—东南方向, 由于河道迁移频繁, 造成平面上河道砂体发育面积大, 呈片状展布, 同时发育多条次级河道。依据岩心观察结果, 富县组砾砂质河道砂体以主要是灰白色含砾粗砂岩、粗砂岩及中—粗砂岩, 延 10 油层组砂体粒度较富县组细, 主要是粗—中砂岩、中砂岩和细砂岩。根据实测物性数据统计结果, 研究区平均实测孔隙度分布在 12.96% ~ 15.95% 之间, 平均实测渗透率为 $34.31 \times 10^{-3} \sim 107.88 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 总体以中—低孔、中—低渗储层为主, 储层物性较好。通过对研究区富县组 + 延 10 油层组砂岩薄片数据统计分析, 富县组 + 延 10 储层类型主要为长石岩屑砂岩和岩屑长石砂岩; 孔喉较为发育, 以粒间孔为最主要的储集空间。储层综合评价表明, 延 10 段上部优质储层较为发育, 一般是下切河道边部或高部位砂体, 容易捕获沿深切河谷运移上来的油气。研究表明, 吴起地区油藏与储层类型的相关性明显, 油藏主要集中孔隙度 $> 14\%$, 渗透率 $> 10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 含油饱和度大于 40%, 且主要发育粒间孔—溶孔的较好或优质储层中。

3.2 前侏罗纪古地貌背景下的差异压实构造是油气聚集的主要场所

不同年代沉积地层和不同岩性地层差异压实形成的继承性构造主要受控于前侏罗纪古地貌。延长组地层由于经过了早期的压实作用, 其压实程度相较于侏罗系地层小, 而在侏罗系沉积早期, 古河道深切入延长组, 是研究区侏罗系地层沉积最厚的部位, 故造成在侏罗系古河道沉积区域较斜坡和河间丘下凹, 从而在河间丘和斜坡带或与其与古河的过渡带上形成局部背斜构造。同层位砂岩较泥岩抗压实能力强, 易在河道砂体较厚的区域形成局部低幅正向构造, 利于油气成藏^[21]。

根据钻井和测井数据, 绘制研究区延 10 顶部微构造及油藏分布图 (见图 3), 研究区延 10 顶面构造整体呈现出东高西低的特点。在此背景上, 由于差异压实作用, 形成了一系列近东西向的鼻状构造, 鼻状隆起的大小及幅度相差较大。构造高点对捕获油气起着至关重要的作用, 宽缓、低幅的鼻状构造与侏罗系富县组 + 延 10 辫状河道砂体匹配形成了较好的圈闭条件, 成为油藏富集的有利地带。研究区主要为构造—岩性油藏, 延 10

油藏与顶面微构造匹配良好, 油藏主要位于构造高部位。

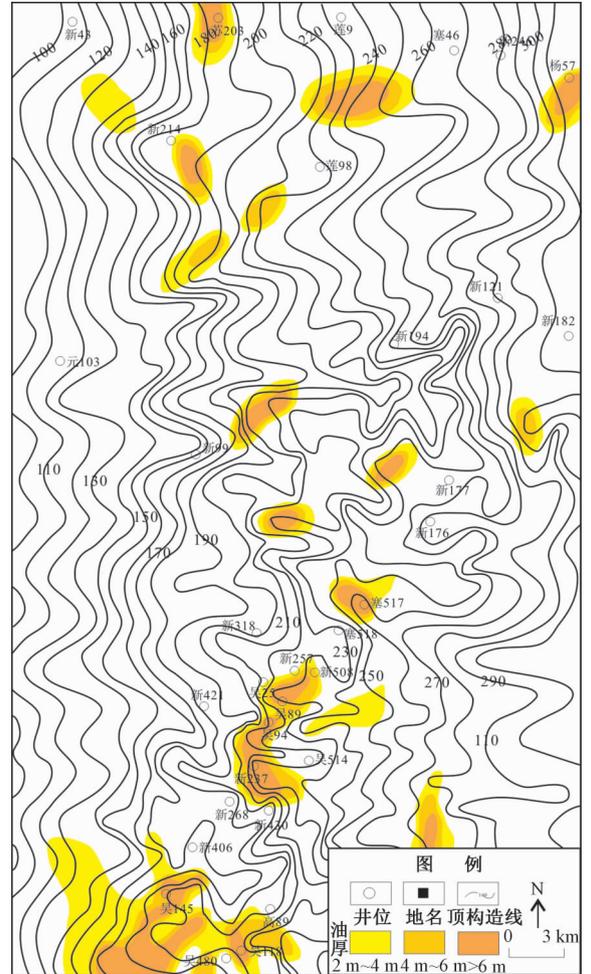


图 3 吴起地区延 10 顶构造与油藏叠合图

Fig. 3 Superposition diagram of Yan10 top structure and reservoir in Wuqi area

3.3 剥蚀面和侵蚀古河砂体是油气运移的主要通道

三叠纪末, 延长组顶部遭受长期淋滤风化剥蚀, 加之侏罗纪早期河道对其进一步切蚀, 研究区蒙陕古河局部区域存在富县组地层直接与长 2₂ 或长 2₃ 亚段地层接触。延长组与富县组之间风化剥蚀面之下存在碎屑岩古风化壳, 其淋滤带常具有较大的孔隙度和渗透率, 可作为油气运移的通道^[22]。研究区侏罗系古河发育厚层河道砂体, 砂体粒度较粗、物性好, 原生粒间孔和次生溶孔较为发育, 孔喉较大, 是油气向上运移的通道。延长组顶部不整合面、侏罗系古河道砂体以及碎屑岩中裂缝体系共同构成了侏罗系延安组油藏的主要运移通道 (见图 4), 延长组烃源岩产生的油

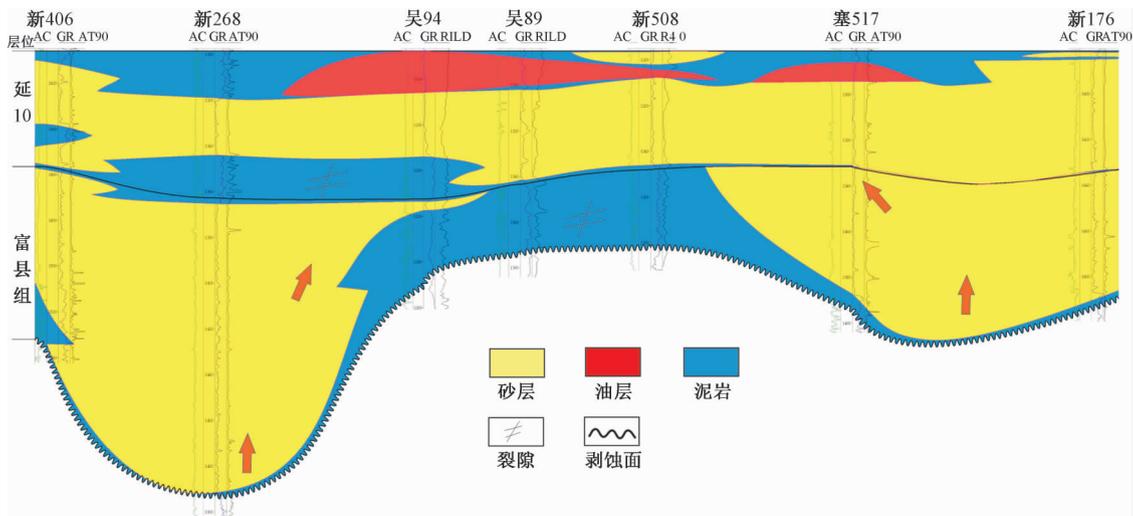


图4 吴起地区吴145井-新177井连井剖面

Fig. 4 Correlation profile from Well Wu 145 to Well Xin 177 in Wuqi area

气经过古河谷内充填的砂砾岩纵向或者侧向运移,在延10顶部圈闭中聚集成藏。

3.4 古地貌控制油藏的分布

勘探研究发现,侏罗系下部油藏为古地貌油藏,受前侏罗纪古地貌单元控制明显^[6-7,16-17]。通过对吴起地区前侏罗纪古地形和富县组、延10油层组油藏平面展布特征的分析,可知除个别钻遇油气显示井在地形低的河谷中,侏罗系底部油藏主要分布于河间丘或其与古河道过渡部位,其次位于靖边斜坡带上,较少分布于古河中。石油沿剥蚀面和古河道向上运移,在河间丘和斜坡等较高部位的有利圈闭富集成藏。

4 古地貌油藏成藏模式

4.1 斜坡式

斜坡式油藏主要分布在古地貌斜坡上,储集砂体主要是富县组和延10的辫状河道砂体,富县组和延10油层组的漫滩沉积以及上部延9油层组三角洲平原分流间洼地沉积作为盖层,主要为构造和构造-岩性圈闭。油气经斜坡处不整合面向上运移,主要在富县组、延10披盖构造处聚集成藏(见图1b)。

4.2 河间丘式

河间丘式油藏是吴起地区侏罗系下部油藏的主要聚集方式,主要是由于延长组的原油经不整合面和富县组+延10高渗厚层砂体向上运移,在延10油层组顶部构造圈闭聚集成藏,主要位于河间丘上,

该类油藏的储集体主要是延10心滩砂体,顶部覆盖有延9三角洲前缘分流间湾泥岩(见图1c)。

4.3 古河式

古河式油藏主要位于二、三级古河区域,该类油藏在研究区发育较少,石油在侏罗系的储集体和运移的通道主要是富县期和延10沉积期在古河道中多期沉积的高渗砂体,主要储存在古河区域由于差异压实造成的构造高点,上覆延10漫滩沉积和延9三角洲前缘分流间湾泥岩作为盖层,主要发育构造油藏(见图1d)。

5 结论

通过对吴起地区前侏罗纪古地貌特征和侏罗系下部油藏的富集规律的分析研究,得出以下结论:

(1) 以大型河谷充填型侵蚀古河为背景的鄂尔多斯盆地吴起地区前侏罗纪发育下切河谷、斜坡带和河间丘3种古地貌单元,下切河谷为研究区最为发育的古地貌单元,共发育4条古河,包括1条西北—东南方向的二级蒙陕古河和3条由靖边斜坡上发育并汇入蒙陕古河的三级古河,其中2条为东北—西南向、1条近东西向的次级古河。在古河中发育4个河间丘,在研究区东北部发育靖边斜坡带。

(2) 古地貌作为侏罗系油藏的主控因素之一,控制着侏罗纪早期地层的沉积和油藏的平面分布。在古地貌背景下形成的差异压实构造是石油聚集

的主要场所;下切河谷可以作为连接延长组油源和侏罗系下部圈闭的通道,河间丘和斜坡带上砂体也是富县组+延10油藏富集的主要储集体。

(3) 吴起地区古地貌油藏发育有三种成藏模式,即斜坡式、河间丘式和古河式成藏模式,其中河间丘式油藏最为发育。

参考文献/References

- [1] 杨俊杰,张伯荣,曾正全. 陕甘宁盆地侏罗系古地貌油田的油藏序列及勘探方法[J]. 大庆石油地质与开发, 1984, 3(1): 74~84.
YANG Junjie, ZHANG Borong, ZENG Zhengquan. Oil pool sequence and exploration methods of Jurassic paleogeomorphic oilfield in Shaan-Gan-Ning Basin [J]. Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing, 1984, 3(1): 74~83. (in Chinese with English abstract)
- [2] 黄第藩,王则民,石国世. 陕甘宁地区印支期古地貌特征及其石油地质意义[J]. 石油学报, 1981, 2(2): 1~10.
HUANG Tifan, WANG Zemin, SHI Guoshi. Paleogeomorphic features of Shan-Gan-Ning district during the Indochinese stage and its significance to petroleum geology [J]. Acta Petrolei Sinica, 1981, 2(2): 1~10. (in Chinese with English abstract)
- [3] 赵永刚,王东旭,冯强汉,等. 油气田古地貌恢复方法研究进展[J]. 地球科学与环境学报, 2017, 39(4): 516~529.
ZHAO Yonggang, WANG Dongxu, FENG Qianhan, et al. Review on Palaeomorphologic reconstruction methods in oil and gas fields [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2017, 39(4): 516~529. (in Chinese with English abstract)
- [4] 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, 28(3): 260~266.
ZHAO Junxing, CHEN Hongde, SHI Zhiqing. 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. (in Chinese with English abstract)
- [5] 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, 2003, 5(4): 497~507. (in Chinese with English abstract)
- [6] 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): 63~71.
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): 63~71. (in Chinese with English abstract)
- [7] 叶博,梁晓伟,李卫成,等. 鄂尔多斯盆地陇东地区侏罗系油藏分布规律及成藏模式[J]. 新疆石油地质, 2014, 35(6): 659~663.
YE Bo, LIANG Xiaowei, LI Weicheng, et al. Reservoir distribution and hydrocarbon accumulation pattern of Jurassic in Longdong area of Ordos Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2014, 35(6): 659~663. (in Chinese with English abstract)
- [8] 孙肇才. 鄂尔多斯盆地油气发现历史回顾与经验教训(一)——从鄂尔多斯漫长找油气史看李四光1968年底谈话的历史意义[J]. 地质力学学报, 2010, 16(3): 223~236.
SUN Zhaocai. Review on the history, experiences and lessons from petroleum discovery in ordos basin (I): Implications of the talk by LI Siguang in 1968 [J]. Journal of Geomechanics, 2010, 16(3): 223~236. (in Chinese with English abstract)
- [9] 王春宇,张志国,李兆明,等. 鄂尔多斯盆地马岭油田高分辨率层序地层分析及沉积体系研究[J]. 地质力学学报, 2007, 13(1): 70~77, 96.
WANG Chunyu, ZHANG Zhiguo, LI Zhaoming, et al. Analysis of high-resolution sequence stratigraphy and study of depositional systems in the maling oil field, Ordos Basin [J]. Journal of Geomechanics, 2007, 13(1): 70~77, 96. (in Chinese with English abstract)
- [10] 翟光明. 中国石油地质志·卷12[M]. 北京:石油工业出版社, 1992, 10~22.
ZHAI Guangming. Petroleum geology of China (Vol. 12) [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997, 10~22. (in Chinese)
- [11] 陶辉飞,王多云,李树同,等. 绥靖油田延长组顶部侵蚀古地貌与侏罗系油藏关系分析[J]. 天然气地球科学, 2008, 19(2): 183~187.
TAO Huihui, WANG Duoyun, LI Shutong, et al. Relationship between the Yangchang formation top's paleogeomorphology and the earlier Jurassic petroleum, Suijing oilfield [J]. Natural Gas Geoscience, 2008, 19(2): 183~187. (in Chinese with English abstract)
- [12] 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-Shan paleochannel during early and middle Jurassic in Ordos Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(2): 152~158. (in Chinese with English abstract)
- [13] 韩永林,杨阳. 鄂尔多斯盆地中南部三叠系延长组至侏罗系延安组地层对比[J]. 低渗透油气田, 2000, (2): 5~9.

- HAN Yonglin, YANG Yang. Stratigraphic correlation among Triassic Yanchang formation to Jurassic Yan'an formation in central-South Ordos basin [J]. *Low Permeability Reservoirs*, 2000, (2): 5~9. (in Chinese)
- [14] 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组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'an stage in the central and southern Ordos Basin [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 2003, 24 (1): 49~54. (in Chinese with English abstract)
- [15] 王东东. 鄂尔多斯盆地中侏罗世延安组层序—古地理与聚煤规律 [D]. 北京: 中国矿业大学 (北京), 2012.
- WANG Dongdong. Sequence-palaeogeography and coal-accumulation of the middle Jurassic Yan'an formation in Ordos Basin [D]. Beijing: China University of Mining and Technology. (in Chinese)
- [16] 李凤杰, 李磊, 林洪, 等. 鄂尔多斯盆地吴起地区侏罗系侵蚀古河油藏分布特征及控制因素 [J]. *天然气地球科学*, 2013, 24 (6): 1109~1117.
- LI Fengjie, LI Lei, LIN Hong, et al. Distribution characteristics and controlling factors analyses on incised paleochannel reservoir or valey filling in Jurassic of Wuqi area, Ordos Basin [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2013, 24 (6): 1109~1117. (in Chinese with English abstract)
- [17] 郭正权, 潘令红, 刘显阳, 等. 鄂尔多斯盆地侏罗系古地貌油田形成条件与分布规律 [J]. *中国石油勘探*, 2001, 6 (4): 20~27.
- GUO Zhengquan, PAN Linghong, LIU Xianyang, et al. The formation conditions and distribution of Jurassic palaeogeomorphological oilfield in Ordos Basin [J]. *China Petroleum Exploration*, 2001, 6 (4): 20~27. (in Chinese)
- [18] 张文正, 李剑峰. 鄂尔多斯盆地油气源研究 [J]. *中国石油勘探*, 2001 (4): 28~36.
- ZHANG Wenzheng, LI Jianfeng. Study on oil and gas sources in Ordos Basin [J]. *China Petroleum Exploration*, 2001 (4): 28~36. (in Chinese)
- [19] 张云霞, 陈纯芳, 宋艳波, 等. 鄂尔多斯盆地南部中生界烃源岩特征及油源对比 [J]. *石油实验地质*, 2012, 34 (2): 173~177.
- ZHANG Yunxia, CHEN Chunfang, SONG Yanbo, et al. Features of Mesozoic source rocks and oil-source correlation in southern Ordos Basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2012, 34 (2): 173~177. (in Chinese with English abstract)
- [20] 罗霞, 李剑, 胡国艺, 等. 鄂尔多斯盆地侏罗系煤生、排油能力实验及其形成煤成油可能性探讨 [J]. *石油实验地质*, 2003, 25 (1): 76~80.
- LUO Xia, LI Jian, HU Guoyi, et al. An experiment of generation and expulsion of oil from the Jurassic coals and its implication of coal generated oil in the Ordos Basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2003, 25 (1): 76~80. (in Chinese with English abstract)
- [21] 卜广平, 程潇逸, 成健, 等. 胡尖山油田前侏罗系古地貌对浅层油气成藏控制作用研究 [J]. *石油知识*, 2017, (3): 50~51, 53.
- BU Guangping, CHENG Xiaoyi, CHENG Jian, et al. Study on the control of shallow reservoir by Jurassic Paleogeomorphology in Hujianshan oilfield [J]. *Petroleum Knowledge*, 2017, (3): 50~51, 53. (in Chinese)
- [22] 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, 395.
- DING Xiaoqi, ZHANG Shaonan, LIU Yan. Relationship between Pre-Jurassic palaeogeomorphology and oil distribution of Zhenjing oilfield in South Ordos Basin [J]. *Journal of Earth Sciences and Environment*, 2008, 30 (4): 385~388, 395. (in Chinese with English abstract)