

文章编号: 1000-0550(2010)06-1229-09

# 陇东地区前侏罗纪古地貌及油藏成藏规律研究<sup>①</sup>

朱 静<sup>1 2 4</sup> 李文厚<sup>1</sup> 韩永林<sup>2 4</sup> 袁 珍<sup>3</sup> 李卫成<sup>2 4</sup>

(1. 西北大学地质学系 西安 710069; 2. 中国石油长庆油田公司勘探开发研究院 西安 710021;

3. 西安石油大学 油气资源学院 西安 710065; 4. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室 西安 710018)

**摘 要** 陇东地区以往对油气地质方面的研究多聚焦于三叠系、侏罗系的研究相对比较零散,缺乏整体性、系统性;限于当时的基础资料、研究目的及认识,研究的精度和深度有一定的局限性,精细地质刻画及与生产实践的结合程度较低。对陇东地区古地貌特征和成藏规律的研究,作为对全盆地地质资料的补充和佐证,无疑具有其必然性和必要性。本文采用残留厚度和补偿厚度印模法及沉积地质综合方法恢复出陇东地区前侏罗纪古地貌形态,并首次做出其三维模拟还原图;依据已探明油藏空间分布,结合地貌形态、成藏条件等分析,总结出研究区古地貌油藏六种成藏模式。勘探实践证明,古地貌油藏受控因素多,古地貌形态特征仅仅是受控因素之一。

**关键词** 陇东 前侏罗纪 延安组 古地貌 成藏规律

**第一作者简介** 朱静 女 1983年出生 博士研究生 沉积学及石油地质学 E-mail: zhujing0117@qq.com

**中图分类号** P531 TE122.2 **文献标识码** A

陇东地区北起洪德,南至早胜,西抵三岔,东达张岔,地处鄂尔多斯盆地西南部,面积约20 000 km<sup>2</sup>,属伊陕斜坡构造单元。富县组是侏罗纪最早沉积的地层,其发育在由印支运动所造成的凹凸不平剥蚀面上,沉积以填平补齐为特点,与下伏三叠系延长组呈不整合接触关系<sup>[1]</sup>。它不仅本身在一定程度上含油,而且对后期的主力油层延安组有重要的影响和控制作用。近年勘探实践表明,延9和延10是延安组的主力油层,具有较大的勘探潜力,而前侏罗纪古地貌是控制延安组下部延9—延10油藏的基础<sup>[2~7]</sup>。本文在对陇东地区前侏罗纪古地貌精细刻画的基础上,依据已探明油藏空间分布,结合成藏条件分析,总结出研究区古地貌油藏六种成藏模式。

## 1 古地貌研究

古地貌的研究起步于20世纪50年代,目前在较广的学科范围内得到应用<sup>[8~10]</sup>。不同的古地貌单元对应着不同的沉积体系。正如毕的钟指出“沉积环境的分析基本上就是古地貌学。而沉积学者在从事沉积环境的重建时,实际上就成为一位地貌学者”<sup>[11]</sup>。古地形地貌是控制一个盆地后期沉积相发育与分布的一个主要因素,同时也在一定程度上控制着后期油藏的储盖组合;地质历史中各构造期所产生的不整合面古地貌更是油气地质工作者关注的一大热点。

### 1.1 研究思路

三叠纪末,印支运动使鄂尔多斯盆地整体抬升,延长组顶部遭受强烈风化及河流侵蚀等地质作用,形成水系广布、沟壑纵横、丘陵起伏的古地貌景观<sup>[7]</sup>。盆地的沉积演化研究表明,侏罗系富县组和延安组延10期属于河流充填型沉积,延9期为广覆型补偿沉积,延10期末至延9期始古地形被夷平(图1),演化为沼泽化平原环境。延9段底至富县组的厚度与前侏罗纪古地貌成镜像关系,利用其厚度可以反演前侏罗纪古地貌形态。因此,延10+富县组的厚度及岩性变化是前侏罗纪古地貌的记录和印模。

鉴于研究区侏罗系油气的聚集受古地貌控制,本文对前侏罗纪古地貌的研究思路是在基础地质分析(鄂尔多斯盆地区域构造背景、沉积背景及沉积地层发育特点的研究)的基础上,根据各层组的砂层厚度、地层厚度等厚线(特别是延10+富县组的地厚图)的变化趋势,通过获取关键参数(如古地形高差、坡度等),结合地震测线资料等,采用残留厚度和补偿厚度印模法及沉积地质综合方法来恢复前侏罗纪古地貌形态。

### 1.2 古地貌单元的确定

#### (1) 沉积背景

印支运动在鄂尔斯基盆地的地史发展中是一次重大变革,在沉积上实现了由海相、过渡相向陆相的根

<sup>①</sup>国家重点基础研究发展规划(973计划)项目(编号:2003CB214602)资助。  
收稿日期:2009-09-28;收修改稿日期:2009-12-28

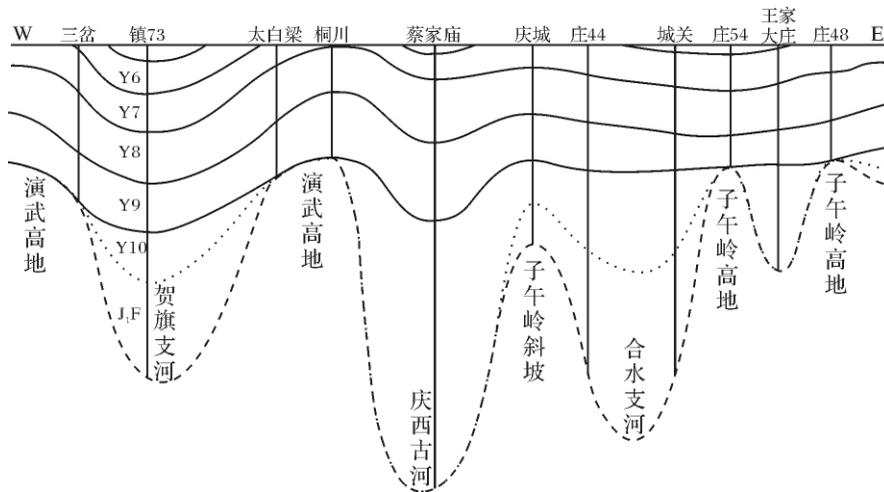


图1 陇东地区侏罗系横剖面图

Fig. 1 Cross section in the region of Eastern Gansu

本性转变,自晚三叠世以来发育完整和典型的陆相碎屑岩沉积体系,进入了大型内陆差异沉积盆地的形成和发展时期。陇东地区在侏罗纪富县期及延安组的沉积经历了完整的由下切、充填到抬升的演化的过程。下侏罗统富县组与下伏三叠系呈角度不整合接触,中侏罗统延安组与下侏罗统富县组呈沉积间断接触;早侏罗世富县期地形切割差异大,以河谷下切充填沉积为主,到中侏罗世延安期,地形差异逐渐变小,形成河流、湖泊三角洲沉积为主、三角洲平原上广泛发育平原沼泽,沉积了厚2~14 m的一套含煤岩系。

### (2) 沉积前古构造特征

三叠纪末,印支运动使盆地抬升遭受剥蚀变形,盆地具有较明显的差异构造运动。沉积学分析证明了这一古构造面为一起伏不平的剥蚀面,并对后期的沉积有明显的控制作用。通过研究古构造发育特点可以揭示出构造抬升区块和沉降区块。抬升区块一般为遭受剥蚀的高地区,而沉降区块则是接受沉积的地貌(如坳陷区、谷地平原等)。研究区西侧的构造作用强烈<sup>[1]</sup>,属于抬升区,侏罗系沉积前以遭受剥蚀为主。

### (3) 地震识别古地貌

根据地震资料,发现各古地貌特征在地震剖面上有明显的识别标志。如具有明显沟谷地貌特征的、并对古水流体系的发育起着通道作用的带状延伸的低凹地貌单元,地震剖面上显示为宽缓的沟谷特征;对沉积格局起明显的分隔作用的古凸起,其厚度明显厚于两侧,在地震上可见到两侧地层的上超现象;在局部地貌形态中,下切沟谷是发育广泛、并控制后期水

系发育的重要地貌单元,由于沟谷下切深度不同,在地震剖面上表现为不同的形式,可以通过波形特征和剖面形态特征进行辨识<sup>[12]</sup>。综合分析陇东地区地震剖面图,97ML1B测线可识别出庆西二级古河、贺旗支河,98YC1测线识别出甘陕一级古河、斜坡及古高地,04GLQ04C测线识别出甘陕一级古河、河间丘等古地貌单元。把从地震剖面上所识别出的古河道、阶地、斜坡、高地等古地貌单元用不同颜色的线段标识在平面图上,成为下一步结合钻井资料进行井—震联合分析古地貌单元的基础。

### (4) 地层等厚图、相对最小地形高差及坡度

侏罗纪早期的沉积体系发育状况和沉积物分布主要受控于沉积前古地貌与古地形特点,因此,研究侏罗系早期沉积地层发育特点和沉积体系时空配置特征是进行沉积前古地形地貌恢复的重要依据。在利用镜像关系恢复古地貌的时候可以根据上覆地面向高地的超覆关系,计算出两点间当时地形的最小高差。经计算研究区内的相对最小地形高差为150~200 m。根据地层等厚图(图2)、砂岩累积厚度图可以具体地勾画出当时的剥蚀区和沉积区,利用地层等厚线图还可以定量计算出沉积区的坡度,使古地貌的恢复更为真实。经计算,富县期环县及子午岭以北一带的沉积区,最小坡度为 $0.5^{\circ} \sim 4^{\circ}$ ,在白豹以北和演武以北一带的沉积区,最小坡度为 $1^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 。

### (5) 古流向

河流一般是由高地势流向低地势的,因此河流的古流向也是判别古地形的重要依据,可以通过指向标志的测量统计、物源区分析、沉积物粒度变化趋势分

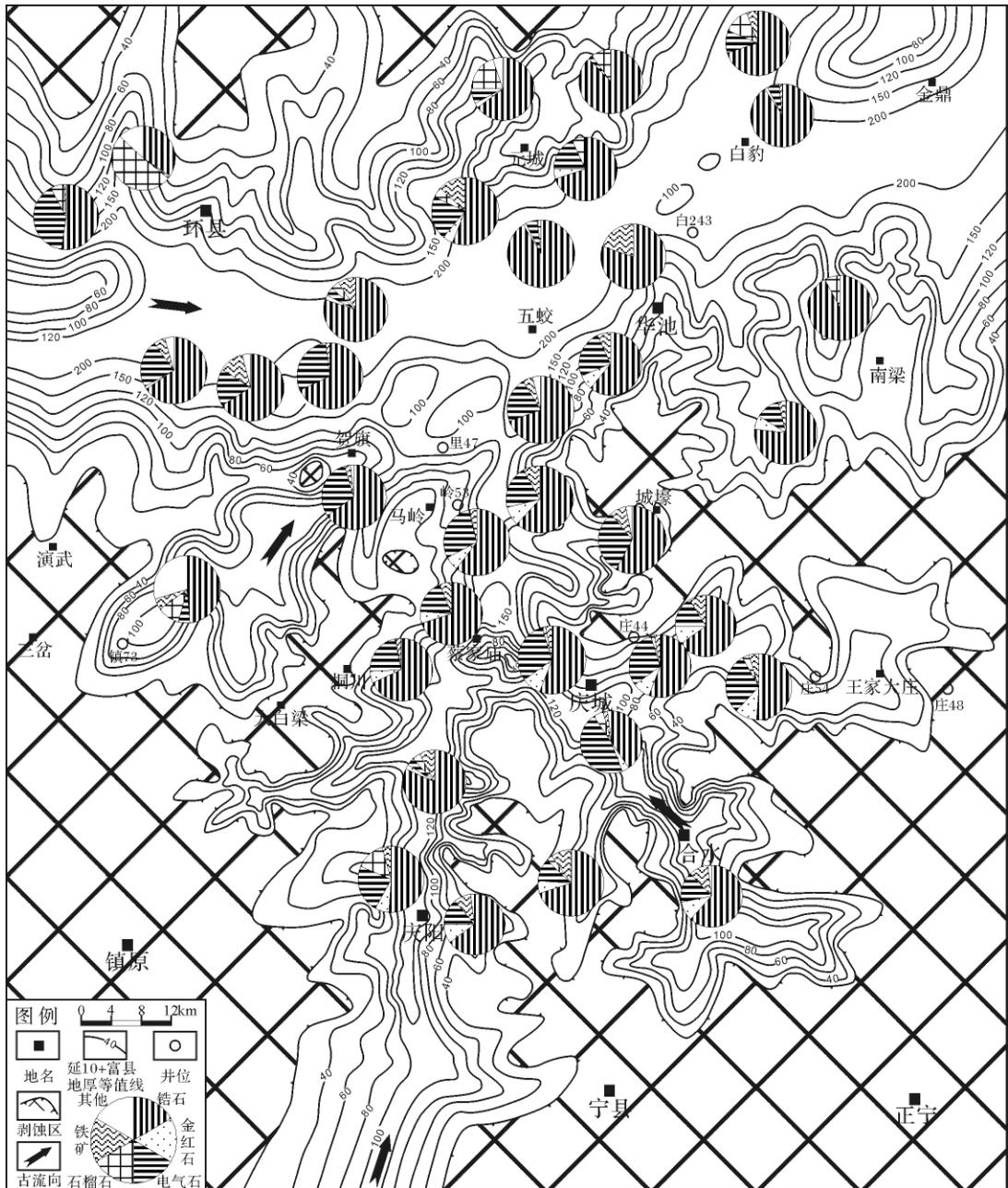


图 2 陇东地区延 10 + 富县期重矿物分布图

Fig. 2 Distribution graph of heavy mineral of Fuxian and Yan10 stage in the region of Eastern Gansu

析等来标定。根据陇东地区重矿物分析,延 10 + 富县期重矿物组合及含量平面变化趋势(图 2)可分为二大重矿物组合区,即 I:自西向东稳定矿物锆石含量逐渐增加,其中电气石 + 锆石 > 85%,含量相对较高,金红石少见;II:自南向北稳定矿物锆石含量逐渐增加,不稳定矿物石榴子石含量逐渐减少,其中锆石 + 电气石 + 金红石 > 85%,含量相对较高。上述重矿物组合变化规律,表明具有两大物源方向:西—东向和南—北向。通过对古流向的分析,且各支流河谷应

与甘陕河谷呈锐角相交,结合当时古构造格局控制的古地势西高东低,研究区两条古河水流方向如图 2 所示:甘陕古河—自西向东,庆西古河—自南向北汇入甘陕古河中。

### 1.3 前侏罗纪古地貌特征

沟壑纵横的盆地,总体显现为西高(盐池—镇原)中陷(吴起、华池)东缓(靖边—富县)的古地貌特征<sup>[12]</sup>。根据印模法及沉积地质综合方法恢复出研究区前侏罗纪古地貌形态如图所示(图 3a),并首次做

出前侏罗纪古地貌的三维模拟还原图(图3b)。

#### 1.4 古地貌单元的划分

根据各地貌单元的特征将陇东地区的古地貌划分为以下几个地貌单元:

(1) 侵蚀河谷: 为侏罗纪时的长条带状低凹地区, 为研究区内最低的古地貌单元。按河谷形成时河流的规模大小、切割深度, 划分为甘陕一级古河、庆西二级古河以及斜坡上发育的三级支河(图3b)。古河谷构成古地貌划分的骨架, 将研究区分割为演武高地、姬塬高地及子午岭高地, 其延10+富县组地层厚度大于100 m, 河谷中发育典型的河流充填剖面结构, 充填有巨厚层块状河床砂砾岩, 内部层理发育。

①甘陕一级古河谷: 属于典型的一级古河谷, 流经距离长, 流域广, 对基岩切割深度大。在陇东地区自西向东斜穿图幅, 一直向东延伸, 河谷的宽度一般12~24 km。从钻井剖面分析填平的富县及延10段砂岩累加厚度, 最大厚度可达266 m(白243井), 与高地高差在150~200 m之间, 因此推测当时河谷下切作用非常强烈, 河道较窄。

②庆西二级古河谷: 呈近南北向分布于研究区西南部, 河谷宽约10~15 km, 与高地高差100 m左右, 河流深切处出露地层由南至北为长3、长2。庆西古河在里47井—岭53井处与甘陕古河汇合。

③三级河谷(也称河沟): 在一、二级古河谷两侧发育多条次一级的支河谷如贺旗和庆合三级河谷, 其长度短, 切割深度小(一般小于100 m), 这些河谷规模小, 它的展布与主河谷呈锐角相交, 将斜坡分割, 使斜坡地形变得丘陵起伏, 高低相间, 其河谷窄, 流域面积较小, 坡降相对较大。三级古河对延长组地层的冲蚀及古高地、斜坡的支解起着重要作用, 不但对古地貌起着复杂化的作用, 同时对油气的富集也起着重要作用。

(2) 古高地: 研究区内地形处于相对较高的地貌单元, 分布有演武高地、姬塬高地和子午岭高地, 富县、延10期长期遭受风化剥蚀, 缺失沉积。其中姬塬高地为区内最高地区, 是由于构造抬升而形成的古地貌单元, 面积566 km<sup>2</sup>; 演武高地位于研究区西南部, 约1800 km<sup>2</sup>; 子午岭高地位于研究区东南部, 面积约1300 km<sup>2</sup>。

(3) 古隆起斜坡带: 位于高地与河谷之间具有一定坡度的过渡地带。研究区发育有姬塬南坡、演武北坡和子午岭北坡古隆起斜坡带, 其中姬塬南坡较为宽缓, 每千米坡降约5.7~6.3 m。斜坡延10+富县组

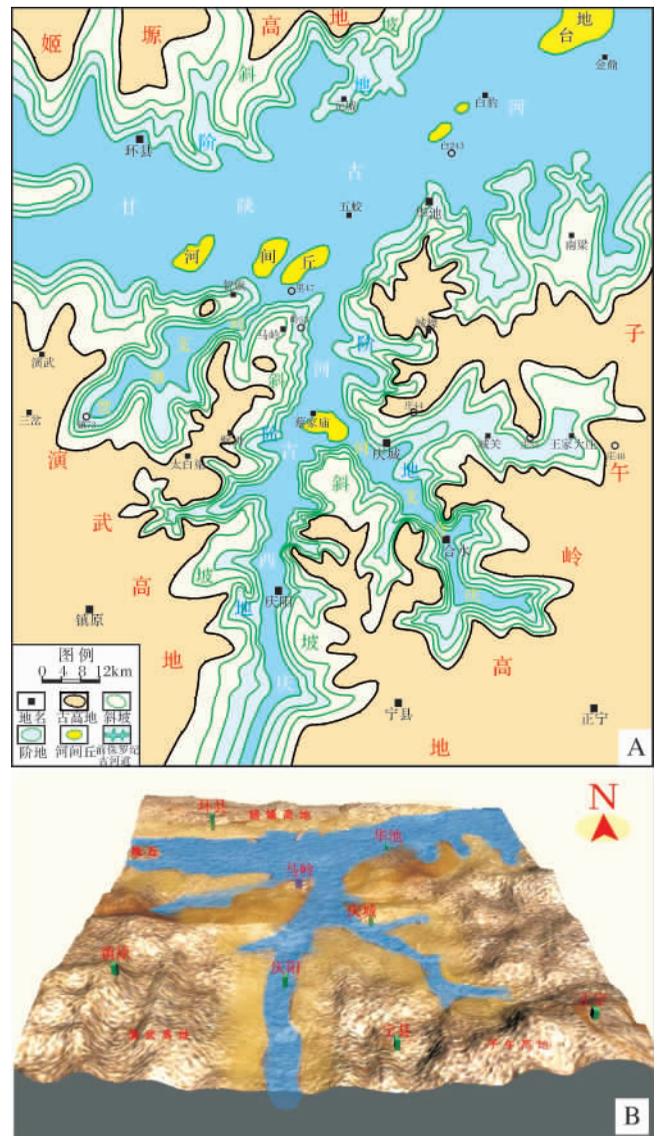


图3 研究区前侏罗纪古地貌特征图

A. 平面图; B. 三维模拟还原图

Fig. 3 Palaeogeomorphology of Pre-Jurassic in the study area

A. Plain Figure; B. Simulation restored maps

地层厚度0~60 m, 斜坡靠近河谷的位置坡度大, 易受一级古河冲刷切割而肢解破碎, 其形态为指状, 习惯称之为坡嘴。姬塬南坡宽为1.5~2.0 km, 发育10个坡嘴; 演武斜坡和子午岭斜坡宽为1.0~1.2 km, 发育21个坡嘴。斜坡坡嘴处发育延10期边滩沉积, 二元结构明显, 若有合适的圈闭条件, 即可富集成藏。

(4) 古阶地: 为原先河谷的谷底, 由于河流下切作用, 原先的侵蚀面相对抬升到洪水位以上, 呈阶梯状顺河谷分布于河谷两侧。河流阶地并不是连续的, 常保留在河流的凸岸, 这是河流向凹岸侵蚀的结果。延10+富县组地层厚度为60~100 m, 在富县—延

10 早期未接受沉积,只在延 10 晚期因河谷的填平,河床摆动才接受了边滩沉积(20~60 m),常与延长组裂缝系统一起构成石油的输导体系。

(5) 河间丘:是一、二级古河中剥蚀厚度相对较小的残丘,四周被古河包围,相对较高的河中高地,其特征是河谷中延 10+富县组地层厚度突然减薄,延长组顶面构造抬高,显示为洼槽背景上的局部隆起,与河谷之间的高差约 45~80 m,延 10+富县组地层厚度为 20~100 m。研究区共发育六个河间丘和一个台地,四周的古河切割深度达 200 m,三叠系生成的油气可沿河道砂岩向上运移,在河间丘砂岩中聚集、富集、成藏。因此,河间丘亦是侏罗系勘探的重点靶区。

## 2 成藏条件

### 2.1 生油条件

侏罗系延安组自身缺乏油源岩,其石油也来自于底部延长组<sup>[13,14]</sup>。主要生油岩为长 9—长 4+5 地层中的暗色泥岩,其中以长 7 生油岩最好,具有有机质丰度高、母质类型好(Ⅱ类占 88.6%)特征,是盆地主要烃源岩。

### 2.2 运移条件

通过前人对中生界古构造演化、异常过剩压力分布、原油物性、地化指标、储层地质特征及古地貌形态等研究分析,认为延安组石油的运移聚集具有以下特征:运移动力以压实水动力(异常压力)为主;早白垩世大量生烃、排烃期为油气主要成藏期;主要运移通道为侏罗系古河道切割所形成的叠置复合砂体;油气运移以垂向运移为主<sup>[15,16]</sup>,油气分布层系多。

### 2.3 储盖组合条件

中生界鄂尔多斯盆地的发展演化史奠定了其在纵向上发育了多套储盖组合,陇东地区延安组为下生上储式储盖组合(图 4)。下伏湖泊发育鼎盛时期(长 7)形成的盆地中生界最好的生油岩系;长 7 之上储层发育,不仅有三叠系延长组湖泊—三角洲相储层,受印支运动的影响,在侏罗系富县、延 10 期及延 9、延 8 期还发育了大规模的河道砂坝和三角洲平原砂岩储集体,富县、延 10 期以岩屑质长石砂岩为主,延 9、延 8 层为亚长石砂岩,具有粒度相对较粗、储层物性好的特征(表 1);延安组除延 10 上部细粒泥质沉积可作盖层外,延 9—延 6 期研究区沼泽平原化,沉积物以泥质沉积为主,其与砂岩储集体呈互层形成良好的遮挡条件,构成延安组油藏的区域性盖层,生储

盖配置良好。不足之处是油源相对较远,垂向运移距离达 400~500 m 左右,运移至延安组的油气应该较有限。

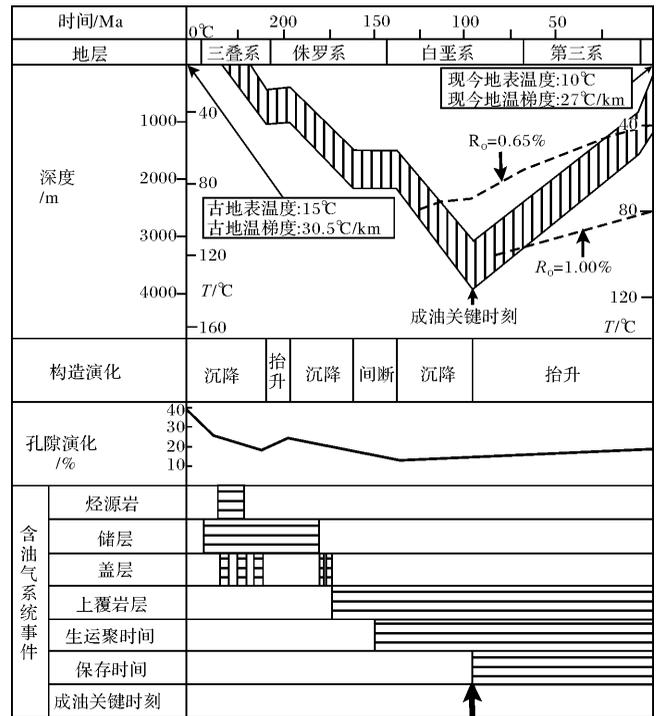


图 4 陇东地区中生界埋藏—热史及含油系统事件图  
Fig. 4 Burial-thermal history and hydrocarbon system of Mesozoic in the region of eastern Gansu

表 1 陇东地区侏罗系储层物性分析  
Table 1 The porosity and permeability statistics of Jurassic reservoir in the eastern Gansu area

地貌单元	储层	孔隙度/%	渗透率/ $10^{-2} \mu\text{m}^2$
古高地	延 8、延 9	14.9	126.1
古河道	延 10、富县	15.3	21.3
河间丘	延 10	17.1	135.5
阶地	延 8、延 9	18.5	56.9
河谷边缘	延 10、富县	16.2	99.8

### 2.4 运聚成藏条件

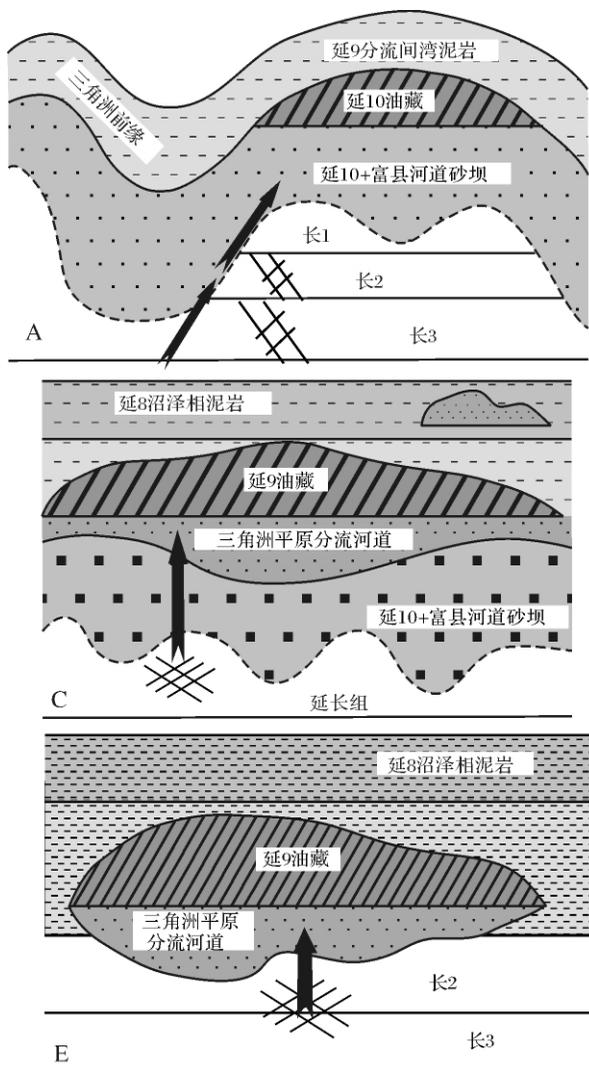
在含油气系统中,就成油配套史分析,重点是成油气关键时刻的确定,成油关键时刻控制了油气的运移聚集成藏期的时限。盆地生烃史研究表明(图 4),中生界含油气系统只有一个关键时期——早白垩世,即三叠系烃源岩在早白垩世进入生、排烃高峰期。此时,盆地内主要的岩性圈闭、构造—岩性圈闭也已形成,盖层封闭性较好;同时孔隙演化史研究表明,该时期延安组砂岩有次生溶蚀孔隙发育,为油气储存创造了良好的空间。在上述地质条件的良好配置下,为石

油的运移聚集提供了必要的条件。

### 3 古地貌油藏成藏模式

与鄂尔多斯盆地内相邻其它油田一样 陇东地区的油气聚集主要受晚三叠世以来的沉积相控制。构造—岩性油藏是研究区最重要和最常见油藏类型。由于油藏大多与低幅度构造相关 构造幅度越高、越完整形成油藏规模就越大,单井产量也越高<sup>[17]</sup>。依据已探明油藏空间分布,结合地貌形态、上覆层沉积环境、砂体展布、运移通道类型等多种因素总结出研究区古地貌油藏六种成藏模式(图5)。

#### 3.1 深切河谷边缘—三角洲前缘组合成藏模式



这类油藏出现在古地貌的深切河谷边缘,上覆地层延9期(或上覆延8期)为三角洲前缘分流间湾相泥岩为油气很好的局部盖层,延10期河道砂坝砂体是主要的储集体,且易形成披盖压实构造,有利于油藏聚集。以南梁地区的油藏为代表,由于甘陕古河对下伏地层的下切作用,长2地层仅剩几十米,因此缩短了延10、富县组渗透性很好的砂岩与下部延长组生油层(长7、长4+5)的距离,减小了油气从下部向上运移的阻力,起到了沟通油源的作用,延长组油气通过延10、富县期古河道向上运移并在延10段顶部成藏(图5A)。该油藏以储层发育、油藏充满程度高、边水较活跃为特征。

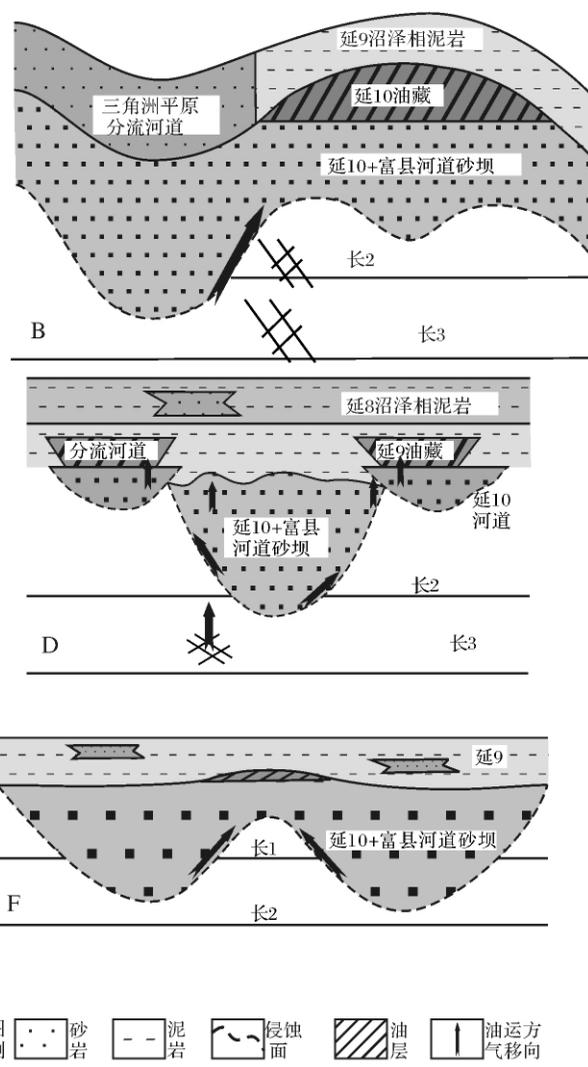


图5 陇东地区古地貌油藏六种成藏模式图

- A. 深切河谷边缘—三角洲前缘组合成藏模式; B. 深切河谷边缘—三角洲平原组合成藏模式; C. 古河道—三角洲平原组合成藏模式;
- D. 古阶地—三角洲平原(或前缘)组合成藏模式; E. 古高地—三角洲平原组合成藏模式;
- F. 河间丘—三角洲平原组合成藏模式

Fig. 5 Palaeogeomorphic reservoir models in region of eastern Gansu

### 3.2 深切河谷边缘—三角洲平原组合成藏模式

该油藏在陇东地区分布面积广,尤其在研究区北部非常多,例如贺旗、华池、元城、环县地区。此类油藏成藏模式与上述A模式相似,以延10+富县期河道砂体为储集体,不同的是,其盖层为上覆地层延9期(或上覆延8、延7期)三角洲平原沼泽相泥岩,延长组油气沿古河道向上运移并在延10段顶部成藏(图5B)。

### 3.3 古河道—三角洲平原组合成藏模式

这类油藏下部为延10+富县组河道砂坝,成藏模式与上述B模式相似,不同的是,此时延10+富县期古河道充当了输导层的角色,并不是储油层。延长组油气通过延10、富县期古河道向上运移,延9期三角洲平原分流河道砂体成为很好的储集体,其上覆地层延8发育的沼泽相泥岩,对油气起到封闭作用,圈闭成藏(图5C)。以研究区北部五蛟地区的油藏为代表。

### 3.4 古阶地—三角洲平原组合成藏模式

该油藏的形成与古阶地的发育有密切关系,例如华池油田、马岭油田的油藏。阶地底部通常出露延长组地层,与延长组裂缝系统一起构成石油的输导体系,其上覆地层三角洲平原相分流河道砂体是主要的储集体(图5D),油藏紧邻一、二级古河谷,好的保存条件是油藏形成的基本条件。由于延9、延8期分流河道储集体,横向迁移频繁,分布规律性差,油藏多出现在构造的高部位,此类油藏勘探难度较大。

### 3.5 古高地—三角洲平原组合成藏模式

陇东地区子午岭高地此类油藏最为发育,古地貌单元为高地,缺失延安组延10及富县组地层,延9地层与三叠系延长组直接接触,裂缝网络输导体系沟通油源,同时古河道使油气垂向运移聚集,在压实构造的鼻隆部位成藏(图5E)。

### 3.6 河间丘—三角洲平原组合成藏模式

这类油藏与古河谷中河间丘的发育密切相关,河间丘的出现使得此处的储层在油源方面具有“近水楼台”的先天优势,油气沿河道向上运移,它可以优先捕获油气,上覆地层延9、延8期三角洲平原沼泽相泥岩为油气很好的盖层。油层厚度薄、石油充满程度低、油藏底水和边水活跃是该类油藏的基本特征(图5F)。研究区白豹油田就是此类油藏的代表。

## 4 结论

(1) 采用残留厚度和补偿厚度印模法及沉积地

质综合方法恢复出陇东地区前侏罗纪古地貌形态,并首次做出其三维模拟还原图。研究区存在3个古高地,发育4条古河,6个河间丘和1个台地,古高地与古河之间由高到低依次分布有斜坡和阶地,且该种古地貌景观严格控制了富县组和延安组下部的沉积相及压实披盖构造的形成。

(2) 针对陇东地区古地貌油藏总结出六种成藏模式。勘探实践证明,古地貌油藏形成条件十分复杂,受控因素多,古地貌形态特征仅仅是受控因素之一。除了油源、圈闭等基本成藏条件外,油气运移通道、储集砂体形态分布特征、上覆地层沉积环境等都是不容忽视的因素。

## 参考文献 (References)

- 1 长庆油田地质志编写组. 中国石油地质志(卷十二)长庆油田[M]. 北京:石油工业出版社,1992 [Geology Collection Editors of Changqing Oilfield. Petroleum Geology Collection (V. 12) Changqing Oil Field[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1992]
- 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[M]//中国陆相大油田. 北京:石油工业出版社,1997: 239-247 [Huang Difan, Wang Zemin, Shi Guoshi. Palaeogeomorphology Characters and Its Oil Geology Sense of Indo-Chinese Epoch in Shaan-Gan-Ning Area[M]//Giant Oil Field of Continental Facies in China. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997: 239-247]
- 3 杨华,俞建,宋江海. 鄂尔多斯盆地中生界隐蔽型油藏成藏规律[J]. 低渗透油气田,2001,6(1):6-10 [Yang Hua, Yu Jian, Song Jianghai. Subtle reservoir accumulation regularity of the Mesozoic petroleum in Ordos Basin [J]. Low Permeability Oil & Gas Fields, 2001, 6(1):6-10]
- 4 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, Lu 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]
- 5 张明山,王天新,王萌,等. 姬塬古高地东斜坡侏罗系油藏特征与勘探策略[J]. 特种油气藏,2007,14(4):17-21 [Zhang Mingshan, Wang Tianxin, Wang Meng, et al. Jurassic reservoir characteristics and exploration strategy on the eastern slope of Jiyuan palaeohigh [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2007, 14(4): 17-21]
- 6 郭正权,潘令红,刘显阳,等. 鄂尔多斯盆地侏罗系古地貌油田的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. Jurassic palaeogeomorphology oil field forming condition and distribution regularity of Ordos Basin [J]. China Petroleum Exploration, 2001, 6(4): 20-27]
- 7 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 the southern Ordos Basin [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2008, 10(1): 63-71
- 8 赵俊兴, 陈洪德, 向芳. 高分辨率层序地层学方法在沉积前古地貌恢复中的应用 [J]. *成都理工大学学报: 自然科学版*, 2003, 30(10): 76-81 [Zhao Junxing, Chen Hongde, Xiang Fang. The possibility of rebuilding palaeogeomorphology before basin deposition by high resolution sequence stratigraphy [J]. *Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition*, 2003, 30(10): 76-81]
- 9 Carr Troutman Tony J. Reservoir characterization, palaeoenvironment, and palaeogeomorphology of the Mississippian Red wall limestone paleokarst, Hualapai Indian Reservation, Grand Canyon area, Arizona [J]. *AAPG Bulletin*, 2000, 84(11): 18-75
- 10 吴丽艳, 陈春强, 江春明, 等. 浅谈我国油气勘探中的古地貌恢复技术 [J]. *石油天然气学报*, 2005, 4: 25-26 [Wu Liyan, Chen Chunqiang, Jiang Chunming, et al. Palaeogeomorphic restoring techniques in China's hydrocarbon exploration [J]. *Journal of Jiangnan Petroleum Institute*, 2005, 4: 25-26]
- 11 谢又予. 沉积地貌分析 [M]. 北京: 海洋出版社, 2000: 11-48 [Xie Youyu. *Sedimentary Morphological Analysis* [M]. Beijing: Ocean Press, 2000: 11-48]
- 12 吴贤顺, 樊太亮. 从古地貌谈层序格架中储层的发育规律 [J]. *地球学报*, 2002, 23(3): 68-71 [Wu Xianshun Fan Tai liang. The relationship between palaeotopography and reservoir prediction in sequence stratigraphic research [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 2002, 23(3): 68-71]
- 13 陈建平, 黄第藩. 鄂尔多斯盆地东南缘煤侏罗系原油油源 [J]. *沉积学报*, 1997, 15(2): 100-104 [Chen Jianping, Huang Difan. Oil/source correlation of crude oils from the coal mines in the south-east of the Ordos Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1997, 15(2): 100-104]
- 14 武富礼, 王变阳, 赵靖舟, 等. 鄂尔多斯盆地油藏序列特征及成因 [J]. *石油学报*, 2008, 29(5): 641 [Wu Fuli, Wang Bianyang, Zhao Jingzhou. Origin and characteristics of oil pool sequence in Ordos Basin [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2008, 29(5): 641]
- 15 赵文智, 胡素云, 汪泽成, 等. 鄂尔多斯盆地基底断裂在上三叠统延长组石油聚集的控制作用 [J]. *石油勘探与开发*, 2003, 30(5): 1-5 [Zhao Wenzhi, Hu Suyun, Wang Zecheng, et al. Key role of basement fault control on oil accumulation of Yanchang Formation, Upper Triassic, Ordos Basin [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2003, 30(5): 1-5]
- 16 席胜利, 刘新社, 王涛. 鄂尔多斯盆地中生界油气运移特征分析 [J]. *石油实验地质*, 2004, 26(3): 229-235 [Xi Shengli, Liu Xinshe, Wang Tao. Analysis on the migration characteristics of the Mesozoic petroleum in the Ordos Basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2004, 26(3): 229-235]
- 17 张明山, 杨玉征, 张凤奎, 等. 宁陕古河非常规油藏特征及成因 [C]//王春鹏, 等主编. 第一届全国特种油气藏技术研讨会文集. 北京: 石油工业出版社, 2004: 6-10 [Zhang Mingshan, Yang Yuzheng, Zhang Fengkui, et al. Characteristics and origin of non-traditional reservoir in Ningshan palaeo-river [C]//Wang Chunpeng, et al, eds. *The First National Technology Symposium of Special Oil & Gas Accumulation*. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004: 6-10]

## Research on Palaeogeomorphic Features of Pre-Jurassic and Accumulation Regularity of Oil Reservoir in the Area of Eastern Gansu, Ordos Basin

ZHU Jing<sup>1 2 4</sup> LI Wen-hou<sup>1</sup> HAN Yong-lin<sup>2 4</sup> YUAN Zhen<sup>3</sup> LI Wei-cheng<sup>2 4</sup>

(1. Geology Department of North West University, Xi'an 710069;

2. Research Institute of Exploration and Development, PetroChina Changqing Oilfield Company, Xi'an 710021;

3. Institute of Oil and Gas Resources, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065

4. National Engineering Laboratory of Exploration and Development of Low-permeability Oil-Gas Fields, Xi'an 710018)

**Abstract** In previous achievements, depositional system, paleogeomorphology, geological evolutionary and sedimentary characteristics of Ordos basin has been quite clearly recognized. However, the research precision and depth in local area still has certain limitation. As geological data's supplement and corroborative evidence of Ordos basin, the research on precise depiction of geological features, sedimentary characteristics as well as their matching relationship with practical production in local area, undoubtedly, has its necessity and inevitability.

Most of the previous researches on petroleum geology in the eastern Gansu were focused on Triassic, and the research on Jurassic is few, scatter, and lacking of integration and systematicness. The petroleum exploration history on Jurassic went through three stages: most of the achievements are mainly on regional geological surveying, researches on Jurassic are few (before 1970s); Several oil fields of Jurassic, such as Maling, Yuancheng, were successively founded in study area, and Fuxian Formation, Yan'an Formation of Jurassic become the major explorative horizon

( from 1970 to 2000) ; New oil reservoirs of Y10 ,Y9 and Y8 member of Yan'an Formation are founded continuously in local regional ( from 2000 to now) . In the past few years ,exploration practice indicated that Y10 and Y9 members are the main oil-bearing layer of Yan'an Formation ,owning great resource potential. Paleogeomorphic form is the basic factor of Y8-Y10 oil reservoir.

In view of petroleum accumulation of Jurassic controlled by paleogeomorphic forms , this paper will rebuild the paleogeomorphic formwork of pre-Jurassic ,and first make up the 3D simulation restored maps ,which are based on geological analysis( such as sedimentary background , tectonic setting) , changing tendency of sand layer thickness and formation thickness of each members( especially the formation thickness of Y10 Formation) , calculating key parameters( such as ancient landform evaluation difference , slope gradient , paleocurrent direction) , combining with seismic data and so on , adopting remnant thickness-compensation cast and synthesis method of sedimentary geology.

First , according to the stratum development features , five paleogeomorphic units are divided: erosion valley , paleo-upland , paleo-slope , paleo-terrace , interchannel mound. There are three paleo-uplands , four ancient rivers , six interchannel mounds and one platform in eastern Gansu area. Between paleo-uplands and ancient rivers , there are slopes and terraces from high to low in order , which are strictly controlled sedimentary facies and compaction-drape tectonic of Fuxian formation and lower Yan'an formation.

Second , according to spatial distribution of oil reservoir already founded and combined with analysis of paleogeomorphic features and reservoir forming conditions , six paleogeomorphic reservoir models are summed up in the study area: edge of deep dissection valley-delta front , edge of deep dissection valley-delta plain , ancient valley-delta plain , paleo-terrace-delta plain , paleo-upland-delta plain , and interchannel mound-delta plain combination models. Exploration practices shows that formation conditions are very complicated , which is controlled by many factors , and paleogeomorphic features is only one of the important factors.

**Key words** Eastern Gansu; Pre-Jurassic; Yan'an Formation; palaeogeomorphic features; oil reservoir law