

文章编号: 1009-3850(2008)02-0089-07

鄂尔多斯盆地镇泾地区中侏罗统延安组 沉积体系及聚煤特征

郝毅¹, 陈洪德^{1,2}, 赵俊兴^{1,2}, 林良彪^{1,2}

(1. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川成都 610059; 2. 成都理工大学油气藏地质与开发工程国家重点实验室, 四川成都 610059)

摘要: 在前人研究的基础上, 结合大量新的钻井、测井资料, 以鄂尔多斯盆地镇原泾川地区中侏罗统延安组为例, 运用沉积学的方法详细阐述了研究区目的层位的沉积体系, 以及重点沉积微相的发育特征。延安组自下而上由河流沉积体系逐渐过渡为三角洲沉积体系。沉积微相主要发育有河流体系的心滩、边滩、河漫滩和岸后沼泽, 以及三角洲体系的分流河道、洪泛平原和平原沼泽等。另对研究区延安组的聚煤特征给予了分析, 并从构造、环境、气候及古地形等方面讨论了该区的成煤控制因素。

关键词: 沉积体系; 聚煤特征; 中侏罗统; 镇泾地区; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: TE121.3 **文献标识码:** A

研究区位于鄂尔多斯盆地南部的镇原泾川地区, 主要研究层位为中侏罗统延安组。鄂尔多斯盆地作为我国重要的含油气盆地, 前人已作了大量的研究工作, 在其基础上, 笔者通过大量最新的测井、钻井资料, 以及已有的数据资料就研究区延安组的沉积特点、分布规律、沉积体系发育的特点和聚煤特征等方面进行了详细研究, 并取得一些新的认识。

1 区域地质背景

鄂尔多斯盆地横跨陕西省、甘肃省、山西省、宁夏回族自治区及内蒙古自治区, 面积达 $33 \times 10^4 \text{ km}^2$, 是中国第二大沉积盆地及重要的能源基地, 蕴藏着丰富的石油、天然气、煤及铀矿资源^[1]。盆地经历了早古生代、晚古生代至三叠纪、早侏罗世至早白垩世三个构造沉积演化阶段, 为一重力负荷补偿作用形成的大型拗陷盆地^[2]。中侏罗统延安组在全盆地发育, 是盆地内最重要含煤、油地层之一, 主要为

深灰色泥岩、粉砂岩和黄灰色中细粒砂岩夹煤层, 其下以假整合接触关系覆于富县组之上或以微角度不整合直接覆于上三叠统延长组之上^[3]; 其上与直罗组呈平行不整合接触。前人将延安组分为 5 段(地矿部第三普查大队, 1974) 或 4 段(陕西省 194 队, 1983)^[4], 后来为便于生产需要, 根据岩性变化、沉积旋回、含油性及煤层发育特征又将延安组从下至上划分为 10 个段, 记做 $Y_{10} \sim Y_1$ (据长庆油田)^[5]。关于延安组的时代归属, 早期认为属于早侏罗世, 后来随着古生物资料的积累而被确认为属于中侏罗世。

根据现今的构造形态和盆地的演化历史, 盆地内部可以划分为 6 个一级构造单元: 伊盟隆起、渭北隆起、西缘冲断带、晋西挠褶带、天环拗陷和陕北斜坡^[6]。研究区块位于天环拗陷南部的镇原泾川地区(图 1), 延安组厚度在 90~180m 之间。根据最新的测井资料, 位于党原西侧的红河 2 井及泾川县

收稿日期: 2007-10-30 改回日期: 2008-01-24

作者简介: 郝毅(1981-), 男, 成都理工大学沉积地质研究院, 硕士, 主要从事层序地层和岩相古地理方面的研究。
E-mail: 191102520@qq.com 或 wasy2005@sina.com

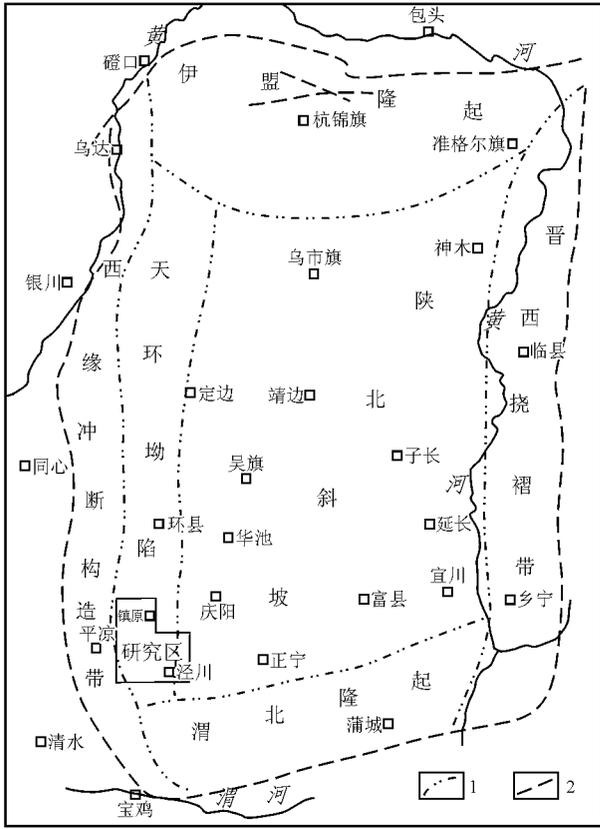


图 1 鄂尔多斯盆地区域构造单元划分及区块位置
1. 构造分区线 2 断层

Fig 1 Division of the tectonic units and location of the study area in the Ordos Basin
1= tectonic boundary 2= fault

附近的涇探 2 井的延安组厚度最小, 约 90m。区块西北方向的延安组厚度较大, 普遍在 160 ~ 180m, 位于朱家后河附近的镇探 3 井最厚约 180m。

2 沉积体系类型及特征

沉积体系分析是从详细观测和描述相标志开始的。在前人研究成果的基础上, 通过对盆地 38° 线以南数个研究区块野外露头剖面的系统观测及盆地内已有取心井段的岩心观察, 结合对本研究区内数十口最新钻井、测井资料的综合分析, 在鄂尔多斯盆地南部中侏罗统延安组中可识别划分出 3 个沉积体系组(表 1), 即冲积扇沉积体系、河流沉积体系, 以及三角洲沉积体系^[7]。本研究区块主要发育了河流和三角洲沉积体系, 冲积扇不发育。

2.1 河流沉积体系

河流沉积体系是远离湖盆或湖盆消亡后形成的沉积类型, 是鄂尔多斯盆地中生代主要的沉积类

表 1 鄂尔多斯南部中侏罗统延安组沉积体系划分
Table 1 Division of the depositional systems in the Middle Jurassic Yan'an Formation in the southern part of the Ordos Basin

沉积相	沉积亚相	沉积微相
冲积扇	扇根、扇中、扇端	泥石流沉积、河道沉积、筛状沉积、漫流沉积
辫状河	河道沙坝、泛滥平原	河床滞留、心滩、废弃河道、堤泛沉积
曲流河	河道沙坝、河漫滩	边滩、天然堤、决口扇、牛轭湖、泛滥平原、岸后沼泽
河湖三角洲	三角洲平原	分流河道、天然堤、决口扇、洪泛平原、平原沼泽
	三角洲前缘	水下分流河道、分流间湾、河口坝、远沙坝、席状沙
	前三角洲	前三角洲泥

型^[5]。盆地内发育的河流, 在构造活动与气候的制约下, 按砂体的几何形态、相序特征和相变关系, 可分为辫状河、曲流河和交织河三种类型。本区主要发育辫状河和曲流河沉积体系。

侏罗系辫状河主要发育于富县组和延安组 Y₁₀ 段底部, 为砂质辫状河(图 2)。在岩性上主要表现为以粗砂岩、含砾粗砂岩和中砂岩组成的河道充填为主, 局部含砾。下部为中细粒砂岩, 上部为粉砂岩、泥岩, 构成河流充填沉积物序列, 粒度向上变细, 砂地层比值小, 在河道仅为 0.4 ~ 0.6。

心滩沉积是辫状河道中的标志性地貌单元(图 2), 主要由中粗粒砂岩和砂砾岩组成。砂岩

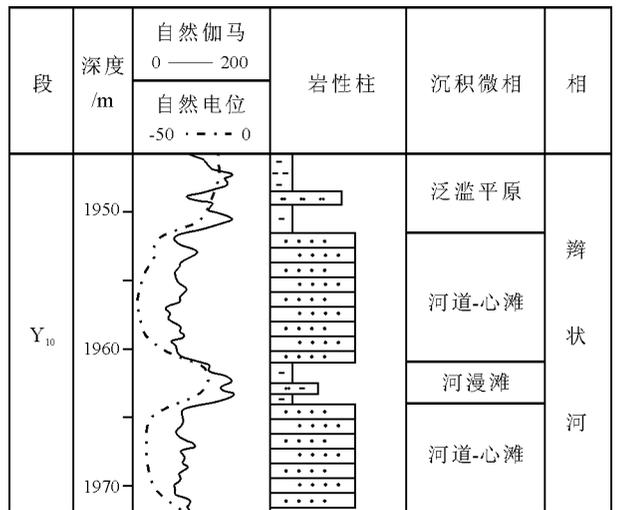


图 2 红河 5 井中侏罗统延安组 Y₁₀ 辫状河沉积序列
Fig 2 Depositional sequence through the braided stream deposits in the Y₁₀ member of the Middle Jurassic Yan'an Formation in the Honghe 5 well

成分成熟度低,不稳定矿物含量高,以岩屑长石砂岩和长石砂岩为主,颗粒分选中等好,磨圆度以次棱角状为主,填隙物含量一般不超过15%,以孔隙式胶结为主。粒度变化范围大,分选较差。具槽状交错层理、板状交错层理和楔状层理,自下而上交错层理规模变小,粒度变细。心滩单层厚度较大,最厚可达30m以上。内部次级冲刷面明显,起伏不大,砂体在剖面上由多个不完整的旋回反复叠置形成巨厚层。自然电位曲线呈现高幅齿化箱形或钟形等。除心滩沉积以外,辫状河体系还发育有河床滞留沉积、堤泛沉积和废弃河道等沉积序列。

曲流河是鄂尔多斯盆地中生界最为发育的沉积类型之一。区块内侏罗系延安组Y₁₀的顶部旋回已初步具有了曲流河沉积特点,反映了河流体系由辫状河向曲流河发展演化过程(图3)。曲流河沉积体系中,河道沙质沉积与河漫滩细粒沉积均较发育,二者沉积近乎相等。河流曲率越大,洪泛平原愈发育,上部泥质沉积物所占比例愈大,在自然电位曲线上显示为典型的钟形(图3)。

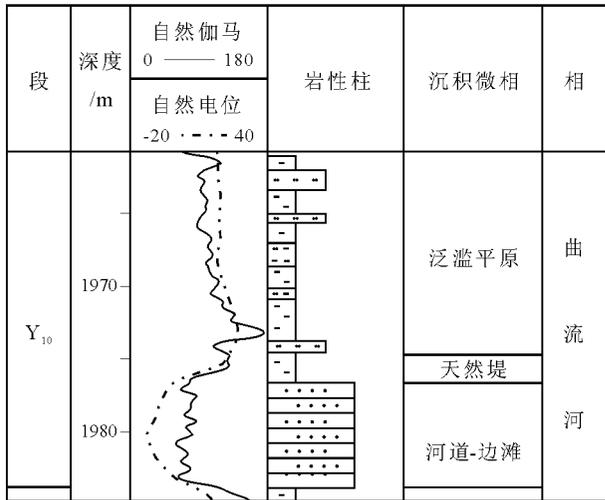


图3 红河3井中侏罗统延安组Y₁₀曲流河沉积序列

Fig 3 Depositional sequence through the meandering stream deposits in the Y₁₀ member of the Middle Jurassic Yan'an Formation in the Honghe 3 well

边滩沉积是曲流河河道沉积中的重要沉积微相(图3),常伴随着侧向迁移,在河流的拐弯处,凹岸经常受到侵蚀,在凸岸接受沉积形成点沙坝(边滩)。边滩沉积在曲流河河道沉积中所占比例大。以红河3井为例,岩性上主要由粗中粒砂岩和细砂岩组成,沉积构造以板状交错层理为主,可见冲刷面以及泥粒。除了边滩沉积外,曲流河还发育了天然堤、决口扇、泛滥平原、岸后沼泽等沉积微相。

2.2 三角洲积体系

从中侏罗统延安组Y₉段开始,由于鄂尔多斯盆地中部及东南部相对沉降,河水蓄聚而形成湖泊, Y₉-Y₄期有多源河流入湖,形成了湖泊三角洲沉积体系,包括三角洲平原、三角洲前缘和前三角洲三个亚相。研究区位于盆地南缘,离盆地中心的大型湖泊还有一定的距离,河流作用仍然很强,因此,研究区内主要发育由河、湖共同作用形成的三角洲。当湖盆萎缩时以河流作用为主,在湖盆扩张时则河流作用减弱。研究区由于范围较小且离湖盆较远,主要发育了三角洲平原亚相,普遍缺失Y₃、Y₂、Y₁期沉积(个别井位缺失更多地层),延安组之上直接覆盖直罗组的含砾粗砂岩沉积物,在整个研究区较为一致。

分流河道是三角洲平原的骨架砂体(图4),厚度几米到几十米,纵向延伸可达百米。在断面上呈透镜体,底界具明显的冲刷面,但下切幅度有限;岩心可观察到正韵律现象,中下部以细砂岩为主,向上变为粉砂岩,顶部为泥质粉砂岩和泥岩。分流河道内部以大型板状和槽状交错层理为主,向上变为小型的流水波纹层理,体现了水动力条件的变化。

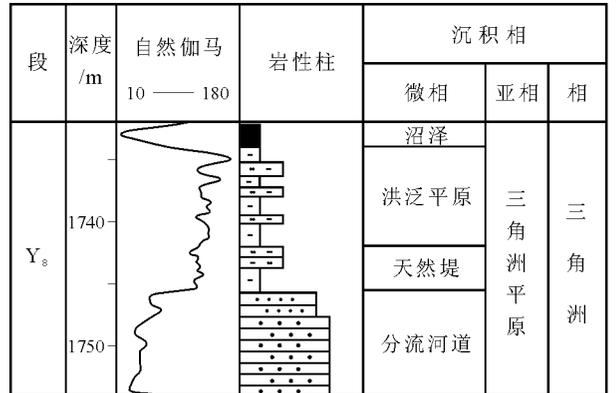


图4 红河102井中侏罗统延安组分流河道沉积序列 Y₈

Fig 4 Depositional sequence through the distributary channel deposits in the Y₈ member of the Middle Jurassic Yan'an Formation in the Honghe 102 well

在Y₈期,盆地局部抬升,河流作用加强,区块内分流河道发育了较大规模的分流河道砂体。其中区块北部的砂体分布均匀,范围较广,普遍十多米厚,如泾川县附近的泾探2井为12m,泾评1井为15.4m,红河20井为11m等。相反区块南部分流河道的范围要小得多,且砂体分布范围要窄得多,但是少数地区却发育了很厚的砂体,比邻区显得较为异常。如红河12井最厚达到50m左右(图5),曙评2井为

33^m,红河18井26^m,红河20井为36^m等。但同样位于Y₈段标志性煤层之上的邻近地区Y₈段的砂体相比之下却少得多,如位于红河12井东北部不到2 km处的红河16井(图5),以及位于红河12井西南部1 km左右的红河17井几乎没有砂岩沉积。其它邻近地区井位的砂体也相对较薄。

从测井曲线分析,这几口特殊井Y₈段的厚层砂体,无论是自然伽马、自然电位、电阻率、感应、声波等测井曲线波动都很小,与其它砂体明显不同(图5A及图4砂体的测井曲线)。因此,判断这些砂体几乎都是一次性连续沉积,没有沉积间断。而

且这些沉积厚度大且稳定的井位刚好形成一系列条形小区域,且与古河流的流向一致(图6),因此,推测这个区域在经历了较长时期的稳定沼泽环境后,曾由于区域构造运动的作用形成一系列小型的条状凹槽,呈SW-NE向延伸。在Y₈期盆地开始局部抬升,受河流作用明显增强的影响,有些条状凹槽成为分流河道,河流下切作用加上凹槽被河道砂体所覆盖,因此,砂体厚度较周边临近地区要大得多。

除了分流河道砂体沉积外,三角洲平原还发育天然堤、决口扇、洪泛平原、平原沼泽等沉积。其中沼泽是鄂尔多斯盆地主要的成煤环境。

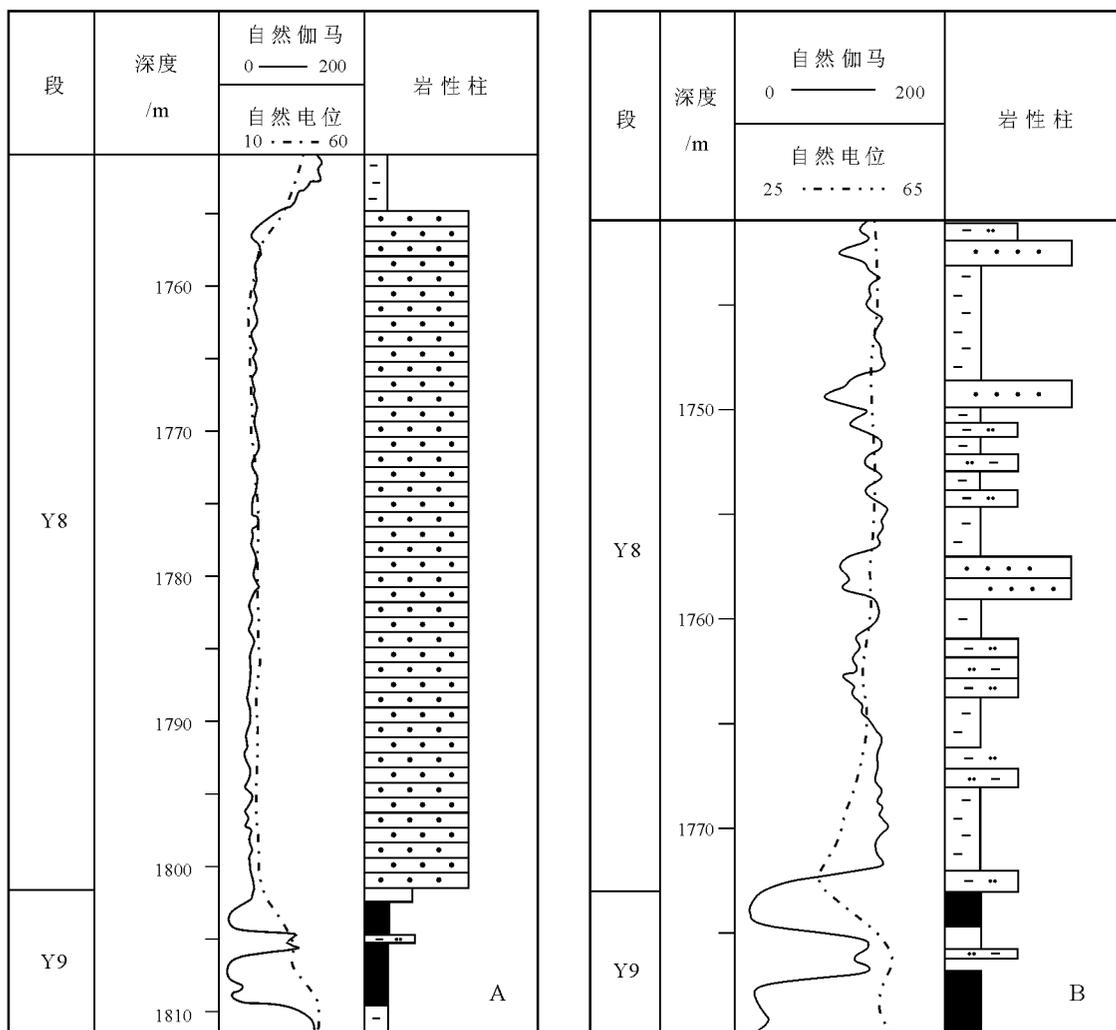


图5 红河12井中侏罗统延安组Y₈期分流河道(A)和红河16井中侏罗统延安组Y₈期洪泛平原(B)

A 红河12井的分流河道; B 红河16井的洪泛平原

Fig 5 Depositional sequence through the distributary channel deposits in the Y₈ member of the Middle Jurassic Yan'an Formation in the Honghe12 well (A) and depositional sequence through the flood plain deposits in the Y₈ member of the Middle Jurassic Yan'an Formation in the Honghe16 well (B)

A= distributary channel deposits in the Honghe12 well B= flood plain deposits in the Honghe16 well

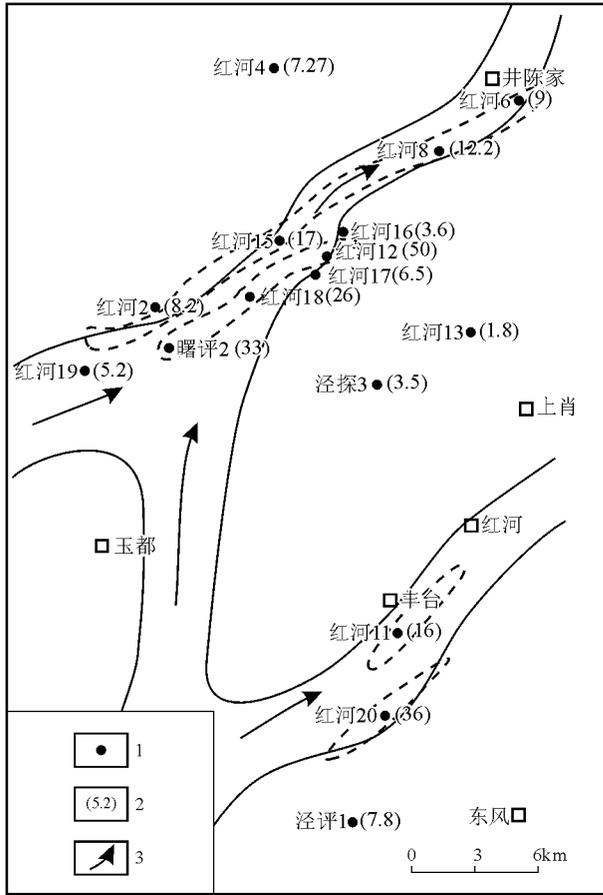


图 6 研究区部分钻井中侏罗统延安组 Y₈ 段砂体厚度及古流向

1 井号; 2 砂体厚度; 3 古流向

Fig 6 Sandstone thickness and paleocurrents in the Y₈ member of the Middle Jurassic Yan'an Formation in some wells

1= well number 2= sandstone thickness 3= paleocurrent

3 聚煤特征及意义

除石油、天然气外,鄂尔多斯盆地还孕育着丰富的煤炭资源。在纵向上,鄂尔多斯盆地共发育了三套含煤地层,中侏罗世的延安期无疑是最重要的聚煤期^[4]。侏罗纪是中国最主要的成煤时代,其资源量占全国 50%以上,且以早中侏罗世为主,在地域上则主要集中于西北,包括陕甘宁盆地和新疆的 4 个大型煤盆地。鄂尔多斯盆地延安组含煤岩系发育在早侏罗世西高东低、类型多样的古地理基底上^[7],煤的形成主要与古地形、沉积环境、植被、气候,以及构造等多重因素有关^[8]。

据盆地侏罗纪沉积体系与聚煤演化史研究分析,成煤作用主要发生在河流沉积体系和湖泊三角洲沉

积体系^[9],本区煤层主要发育在三角洲平原的低伏沼泽环境,以 Y₉ 段为主(图 5)。煤层的测井特征表现为高伽马、高电阻率、高声波、低密度、高中孔隙度等。在对研究区数十口新的钻井、测井资料,以及周边地区资料的研究后,发现本区煤层有着环带分布特征,并主要集中在区块东南部(图 7)。沉降中心应该位于区块外东南侧附近。相对其它层位来说, Y₉ 段煤层厚度较大,很多钻井显示单层煤的厚度达 10m 以上,总厚度有的达到近 20m,与前人的数据有较大的不同^[4]。

本区主要成煤 Y₉ 期相当于前人划分的第 5 或 4 层煤组,与鄂尔多斯盆地其它地区的主要成煤期有着截然不同的不同^[10]。尤其是区块中部及南部地区,研究区块外以东的广大区域也有较厚煤层的分布,如长武附近的武 1 井,建庄附近的建 1 井,其煤层厚度都可达到十余米。此时鄂尔多斯盆地开始沉降,成为最大的湖侵期,沉积体系也由 Y₀ 期的曲流河转变为三角洲平原。三角洲平原沼泽在这些地势相对低洼区域内大面积的分布(图 8),很少有较强的河流作用来破

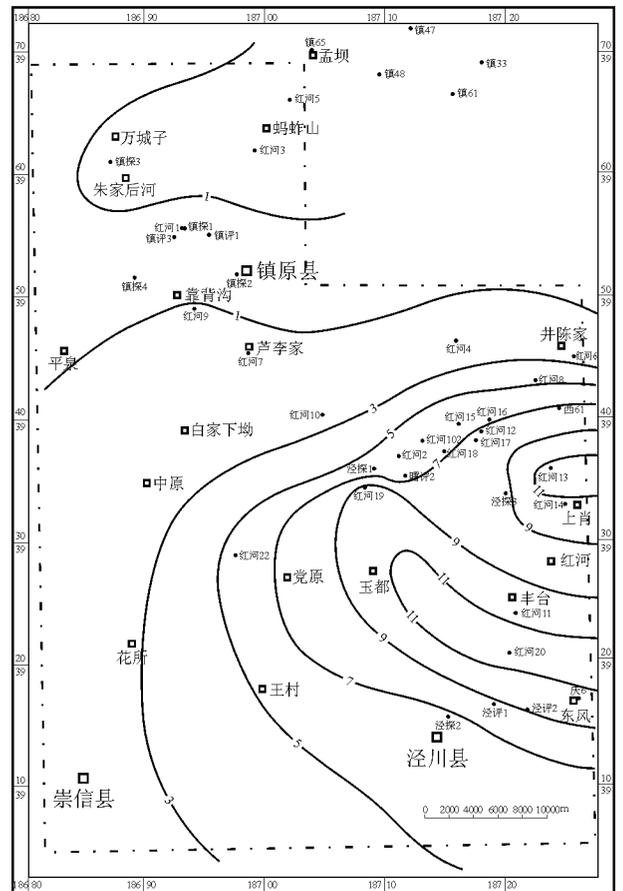




图 8 湖泊三角洲成煤模式图(据李思田, 1992 修改)

Fig 8 Model for coal formation in the lacustrine delta depositional system (modified from Li Sitian, 1992)

坏沼泽的泥炭堆积, 这为成煤作用提供了良好的环境。长期持续缓慢的构造沉降为煤层的厚度规模提供保障, 充足的植物群则提供物源, 构造沉降速度与植物生长、腐败、埋藏的速度达到了动态平衡, 泥炭层就会不断的堆积加厚。

古气候也是煤层形成的决定性因素, 它影响着植物的生长发育。通过煤层惰质体以及孢粉资料等分析, 鄂尔多斯盆地早中侏罗世含煤期气候属于有利于植物快速生长的温暖潮湿气候和导致植物大量死亡的干冷气候的交替类型^[9]。适当的水源也是成煤的关键, 沼泽水源可能主要来自地下水的补给, 低伏的地势为地下水的供给提供了条件, 另外地下水可为植物带来大量溶解的矿物质。当这些条件不足时则对成煤作用产生不利影响。 Y_9 期成煤作用也产生过中断, 具体表现为 Y_9 主力煤层大多产生了或大或小规模的分叉(图 5), 即厚煤层中夹了一些薄层泥岩、粉砂质泥岩等。其形成原因可能是构造运动的影响, 比如构造沉降加剧, 植物遗体堆积的速度赶不上压实沉降的速度, 这时聚煤作用就会中断, 被浅水碎屑质、泥质沉积物取代。也可能是气候发生突变或水源的供给发生变化, 从而影响了成煤泥炭的堆积。

虽然 Y_8 - Y_{4+5} 也属于三角洲沉积体系, 但是由于构造等原因没有构成良好的成煤环境, 只有零星煤层发育(图 4)。有些地区在 Y_{10} 期河流体系也发育有煤层(图 9), 但分布范围以及煤层厚度与 Y_9 期不能相提并论。一般河流沉积体系有多期分布, 每期在垂向上都呈现出一个由粗到细的粒度变化规律, 顶部以发育煤层而结束, 沉积厚度变化大, 在冲积平原、天然堤、废弃河道、河间湿地形成泥炭沼泽, 一般来说曲流

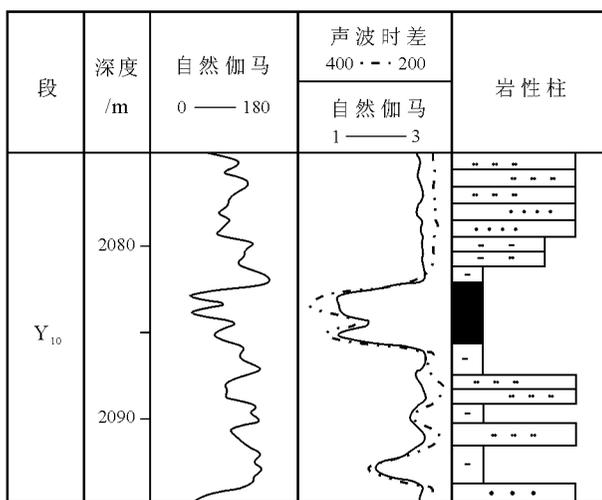


图 9 红河 22 井中侏罗统延安组 Y_{10} 曲流河沉积序列

Fig 9 Depositional sequence through the meandering stream deposits in the Y_{10} member of the Jurassic Yan'an Formation in the Honghe 22 well

河的成煤作用要优于辫状河。当河流活动性较大时, 河道迁移决口事件频繁发生, 导致泥炭沼泽间歇性发育, 煤层层数多且厚度变化大, 侧向上合并或分叉, 使煤层结构复杂, 煤质变差。

4 结 论

(1) 研究区缺失富县组, 延安组自下而上由河流沉积体系过渡为三角洲沉积体系;

(2) Y_8 期是一个局部构造抬升的时期, 三角洲平原扩大, 河流作用加强, 研究区内的分流河道砂体明显变厚, 连续性也较好。少数异常砂体是由于构造作用而导致的地表变形所引起的;

(3) 研究区煤层形成于三角洲平原的沼泽环境, 主要发育在 Y_9 期, 并发现明显的沉积间断;

(4) 研究区延安组上部缺失, 主要归结于后期剥蚀作用以及直罗期强烈的河流冲刷作用, 其上直接覆盖直罗组含粒粗砂岩, 所有钻井、测井数据对这一个地层突变都反映明显。

参考文献:

- [1] 魏永佩, 王毅. 鄂尔多斯盆地多种能源矿产富集规律的比较[J]. 石油与天然气工业, 2004, 25(4): 385-392
- [2] 李宝芳, 李祯, 林畅松, 等. 鄂尔多斯盆地中部下中侏罗统沉积体系和层序地层[M]. 北京: 地质出版社, 1995
- [3] 赵俊兴, 陈洪德, 张锦泉. 鄂尔多斯盆地地下侏罗统富县组沉积体系及古地理[J]. 岩相古地理, 1999, 19(5): 40-45
- [4] 庄军, 吴景钧, 等. 鄂尔多斯盆地南部早中侏罗世聚煤特征与煤

- 的综合利用[M].北京:地质出版社,1996
- [5] 时志强,韩永林,赵俊兴.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
- [6] 郭忠铭.陕甘宁盆地构造特征及油气勘探[A].中国含油气区构造特征[C].石油工业出版社,1989
- [7] 李小彦,武彩英,晋香兰.鄂尔多斯盆地侏罗纪成煤模式与煤质[J].中国煤田地质,2005,17(5):18-21
- [8] 陈钟惠.煤和含煤岩系的沉积环境[M].武汉:中国地质大学出版社,1988
- [9] 王双明,张玉平.鄂尔多斯侏罗纪盆地形成演化和聚煤规律[J].地学前缘,1999,6(增刊):147-154
- [10] 李思田,程守田,等.鄂尔多斯盆地东北部层序地层及沉积体系分析—侏罗系富煤单元的形成、分布及预测基础[M].北京:地质出版社,1992

Depositional systems and coal accumulation in the Middle Jurassic Yan'an Formation in the Zhenyuan-Jingchuan region, Ordos Basin

HAO Yi¹, CHEN Hong-de², ZHAO Jun-xing², LIN Liang-biao²

(1. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

(2. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract: The depositional systems and sedimentary microfacies are dealt with on the basis of new borehole and well log data on the target strata in the Middle Jurassic Yan'an Formation in the Zhenyuan-Jingchuan region, Ordos Basin. There are gradations from the fluvial depositional system to the delta depositional system from the base upwards in the Yan'an Formation. The sedimentary microfacies consist of the channel bar, point bar, overbank and backswamp microfacies in the fluvial depositional system, and distributary channel, flood plain and swamp microfacies in the delta depositional system. The coal accumulation and controlling factors are also discussed in the light of tectonics, environments, palaeoclimates and landforms in the Yan'an Formation.

Key words: depositional system, coal accumulation, Middle Jurassic, Zhenyuan-Jingchuan region, Ordos Basin