

文章编号: 1001-1986(2007)02-0010-04

鄂尔多斯盆地甘泉地区下侏罗统高分辨率层序地层学分析

陈 辉¹, 戴小平¹, 王起琮², 熊 涛², 王永东^{2,3}

(1. 吐哈石油勘探开发指挥部地质研究院, 新疆 哈密 839009; 2. 西安石油大学油气资源学院, 陕西 西安 710065; 3. 延长石油集团公司, 陕西 子长 717208)

摘要: 根据层序沉积时限以及基准面旋回界面识别标志, 运用高分辨率层序地层学理论和方法, 对鄂尔多斯盆地中南部甘泉地区下侏罗统进行了划分。识别出下侏罗统各级旋回层序界面, 并将其划分为 1 个超长期、8 个长期、32 个中期、86 个短期旋回层序。应用地层等时对比技术, 以长期旋回层序为地层对比框架、中期旋回层序为地层对比单元, 建立了研究区下侏罗统等时地层格架。下侏罗统沉积于盆地基底快速沉降、缓慢抬升的构造环境, 在基底抬升速度周期性变化过程中, 盆地边缘沉积了数层可采煤层, 成为划分层序的重要依据。

关键词: 高分辨率层序地层; 下侏罗统; 甘泉地区

中图分类号: P539.2 **文献标识码:** A

High-resolution sequence stratigraphy of Lower Jurassic in Ganquan area, Ordos Basin

CHEN Hui¹, DAI Xiao-ping¹, WANG Qi-cong², XIONG Tao², WANG Yong-dong^{2,3}

(1. Geological Research Institute, Headquarter of Petroleum Exploration and Development, Hami 839009, China; 2. College of Oil and Gas Resource, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China; 3. Yanchang Petroleum Cooperation, Zichang 717208, China)

Abstract: The classification of high resolution sequence stratigraphy of Lower Jurassic in Ganquan area of Ordos Basin is discussed based on sequence deposition time and identification markers. According to interface types the Lower Jurassic sequences can be divided into 1 super-longtime base-level cycle sequence and 8 long time, 32 middle long time, 86 short time base-level cycle sequences. By using the technology of isochronous stratigraphic correlation of high resolution sequence stratigraphy the sequence framework is established with the framework of long time base-level cycle sequence and contrasting units of middle time base-level cycle sequence. The Lower Jurassic in Ordos Basin formed while the basin base fast subsided then slowly uplifted and the coal seams accumulated at the basin margin, which are important evidence to recognize base-level cycle sequences.

Key words: high resolution sequence stratigraphy; Lower Jurassic; Ganquan area

鄂尔多斯盆地地下侏罗统富县组、延安组沉积于大型内陆拗陷盆地的第 2 个演化阶段(距今 188~213 Ma)^[1]。盆地中南部以湖泊—三角洲沉积为主, 是油气层主要分布区域; 盆地北部以湖沼沉积为主, 是煤层主要分布区域。根据沉积旋回特征, 富县组划分为 1 段, 延安组自上至下划分为 Y1、Y2、…、Y10 段。关于下侏罗统沉积相以及层序划分问题, 李思田等根据盆地构造演化、沉积充填序列等进行了详尽的研究^[2]。本文应用 T·A·Cross 的高分辨率层序地层学理论与方法, 从地层基准面旋回的角度出发, 探讨了盆地中南部甘泉地区下侏罗统的旋回层序划分方案以及各级旋回层序的特征。

1 基准面旋回界面识别

郑荣才等根据陆相层序的发育特点, 提出 6 级基准面旋回划分方案, 即 3 个低频长周期旋回和 3 个高频短周期旋回^[3]。旋回层序界面类型自低频到高频依次命名为 I、II、…、VI 类界面。受构造运动控制的低频长周期基准面旋回可根据露头、钻测井资料和地震剖面识别; 受天文因素控制的高频短周期基准面旋回主要根据岩心及测井曲线识别。

笔者根据露头、岩心、测录井资料, 在下侏罗统中识别出 2 个 II 类界面, 7 个 III 类界面, 24 个 IV 类界面和 54 个 V 类界面。

收稿日期: 2006-07-05

基金项目: 国家重点基础研究发展项目(2003CB214607); 陕西省自然科学基金研究项目(2006Z 02)

作者简介: 陈 辉(1961—), 甘肃定西人, 高级工程师, 从事油气盆地分析研究。

1.1 岩性识别标志

1.1.1 露头

下侏罗统露头自北至南分布于陕西神木、榆林、延安到富县一带。完整的地层剖面出露于盆地中部的西杏子河、北部的神木考考乌素沟等地^[4]。

盆地内富县组与下伏三叠系延长组为平行不整合接触,风化壳上常见残积砾石层沉积。中侏罗统直罗组底界为大型冲刷侵蚀面,侵蚀面之下为黄褐色风化土壤,Y1—Y2 段遭受剥蚀。下侏罗统底、顶界面为燕山运动初期构造应力场转化形成的盆地范围内的不整合面^[5],即Ⅱ类界面,命名为Ⅱ_t、Ⅱ_b。

根据西杏子河及考考乌素沟露头剖面中的较大大型冲刷面侵蚀面和河道底部滞留沉积,还可识别出 7 个Ⅲ类界面(图 1)。Y10“宝塔砂岩”底界为大型冲刷侵蚀面,与富县组呈平行不整合接触关系,为Ⅲ类界面;其余Ⅲ类界面主要为沉积相突变面,即粉砂质河口坝或湖相泥岩向上突变为砂质水下分流河道沉积。其余 6 个Ⅲ类界面分别为 Y3“真武洞砂岩”、Y6“裴庄砂岩”以及 Y5、Y7、Y8、Y9 中下段水下分流河道砂岩底部冲刷侵蚀面。自上至下命名为Ⅲ₁、Ⅲ₂、Ⅲ₃、Ⅲ₄、Ⅲ₅、Ⅲ₆、Ⅲ₇。

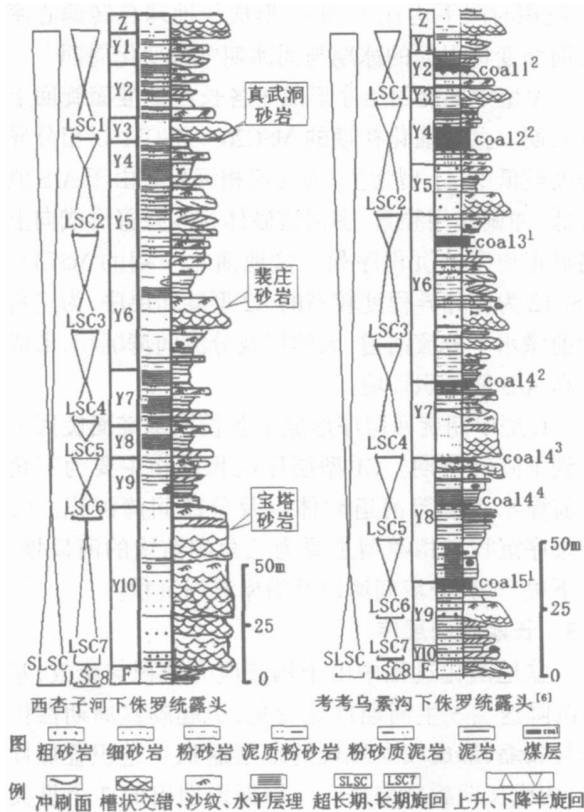


图 1 鄂尔多斯盆地地下侏罗统露头剖面旋回层序划分

Fig.1 The high-resolution sequence stratigraphy of outcrop of Lower Jurassic in Ordos Basin

富县组及 Y10 段顶部为泛滥平原泥岩沉积。考考乌素沟剖面出露 6 个较厚的可采煤层,按煤田命名自下至上分别为 coal 5¹、coal 4⁴、coal 4²、coal 4³、coal 3¹、coal 2²、coal 11² 煤,分别位于 Y9_上、Y8_中、Y7_上、Y6_上、Y4_中、Y2_中 段^[6]。沉积于长期基准面旋回上升到下降转换期,为最大湖泛期盆地边缘沉积物。是划分长期旋回层序的重要依据。

1.1.2 岩心

根据岩心的岩性变化、底冲刷面、泥砾等滞留沉积,可以识别出小规模的主要受气候变化控制的Ⅳ类及Ⅴ类界面(图 2)。其界面性质主要为沉积相突变面以及沉积作用转换面。

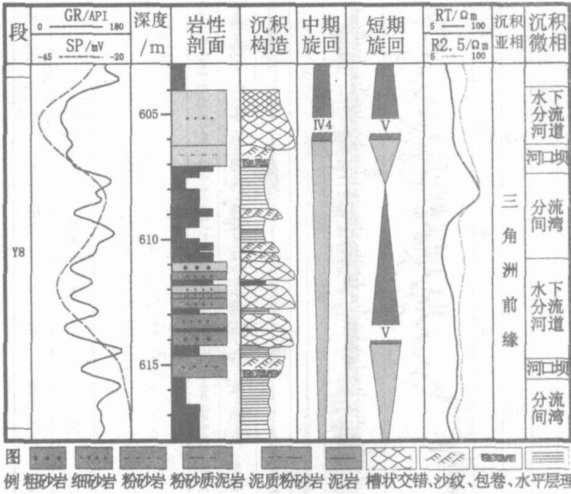


图 2 甘泉地区 q198 井岩心中一短期旋回层序界面

Fig.2 The recognition of high-resolution sequence boundary by cores of Well q198 in Ordos Basin

1.2 测井曲线识别标志

1.2.1 测井相模式

根据甘泉地区 q198 井取心段岩性、电性资料,建立了研究区下侏罗统的测井相模式(图 2)。此测井相模式是利用测井曲线识别中、短期旋回层序及界面的重要依据。

1.2.2 界面特征

旋回层序界面在测井曲线尤其是自然电位(SP)及自然伽马(GR)曲线上,往往表现为地层进积到退积叠加样式的转换面、沉积相转换面以及湖相细粒沉积到水道粗粒沉积的突变面。因此利用测井曲线并结合露头资料,可识别出研究区下侏罗统的各级旋回层序界面。

2 旋回层序类型及特征

根据识别出的旋回层序界面,研究区下侏罗统可划分为 1 个超长期旋回层序、8 个长期旋回层序

(LSC1、LSC2、…、LSC8)、32 个中期旋回层序(MSC1、MSC2、…、MSC32)以及 86 个短期旋回层序(图 3)。

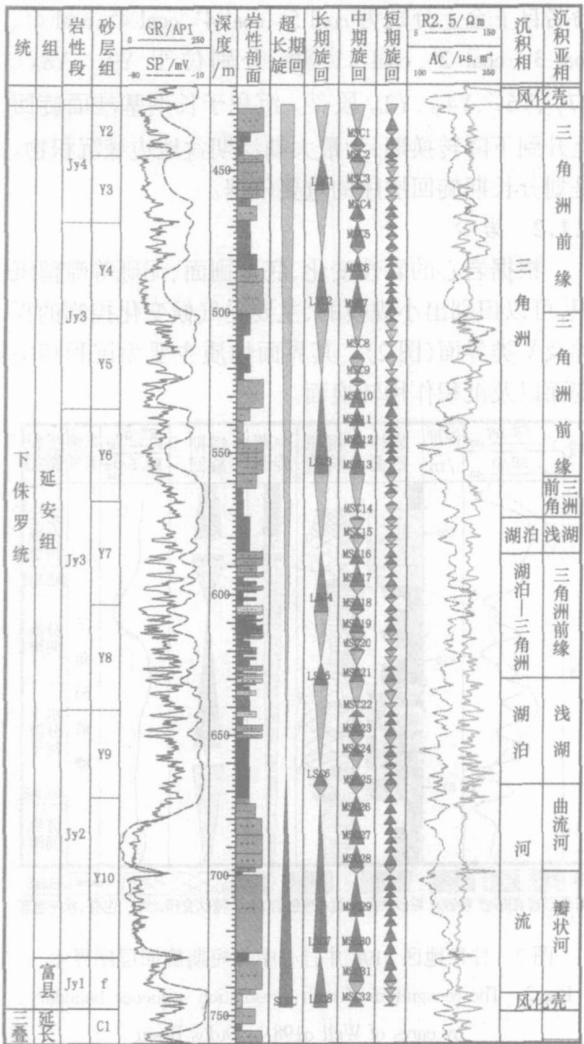


图 3 甘泉地区 q198 井高分辨率层序地层划分成果图

Fig. 3 The high resolution sequence stratigraphy of Lower Jurassic of Well q198 in Ganquan area, Ordos Basin

旋回层序按照其特点可分为 3 类^[7]：

A 型：由上升半旋回构成的非对称旋回。A1 型形成于低可容空间或 A/S 低值条件，其河道沉积占绝对优势；A2 型形成于高可容空间或 A/S 高值条件，其河漫滩泥质沉积比例高。

B 型：由下降半旋回构成的非对称旋回。B1 型形成于低可容空间，由河口坝、滩坝砂质沉积为主；B2 型沉积于高可容空间或高 A/S 值条件，湖相泥质沉积比例高。

C 型：由上升及下降半旋回构成的对称旋回。高可容空间或 A/S 高值条件下形成泥质沉积比例高的完全对称型旋回层序(C3 型)，否则形成以上升半旋回为主的 C1 型，或以下降半旋回为主的 C2 型不

完全对称型旋回层序。

2.1 短期旋回层序

下侏罗统短期旋回层序厚度一般 2~7 m，平均时限为 0.29 Ma。形成于地球自转偏心率短周期变化引起的干旱—湿润气候变化周期^[1]。

A 型层序主要形成于盆地演化初期及末期各长期基准面旋回上升早期。下侏罗统顶、底部以 A1 型短期旋回为主，是低可容空间及高沉积速度的分流河道沉积物；延安组中部以 A2 型短期旋回层序为主，是最高可容空间及低沉积速度的分流间湾沉积物。

B 型层序主要分布于延安组中、上部。为盆地演化后期长期基准面下降引起可容空间减小、沉积速度增加时的产物，初期为以泥质主的 B2 型层序，末期为以河口坝等砂质沉积为主的 B1 型层序。

C 型层序是下侏罗统主要的短期旋回层序类型，一般形成于湖盆演化中期可容空间较大、A/S 值较高的沉积环境。

2.2 中期旋回层序

根据 7 个Ⅲ类界面、24 个Ⅳ类层序界面，下侏罗统可划分为 32 个中期旋回层序。各中期旋回层序由 2~5 个短期旋回层序叠加而成，平均厚度 9.4 m，沉积时限平均 0.78 Ma。形成于地球自转偏心率长周期变化引起的冰期与间冰期气候变化周期^[1]。

A 型中期旋回层序形成于各长期基准面旋回上升初期。盆地演化初期的 MSC26—MSC31 以相分异程度较低的 A1 型为主，为河流相沉积。由于 A/S 值较低，冲刷作用频繁，多河道砂体相互叠置形成向上略显正粒序的沉积序列。盆地演化中期的 MSC11、MSC12 为相分异程度较高的 A2 型旋回层序，为三角洲前缘水下分流河道、天然堤及分流间湾沉积，形成于高 A/S 值沉积环境。

C 型中期旋回层序形成于各长期基准面旋回上升到下降转换期。C1 型层序沉积微相主要为三角洲前缘水下分流河道砂体以及分流间湾沉积。C2 型层序沉积微相类型主要为三角洲前缘的河口坝、水下决口扇、分流间湾以及沿岸滩坝沉积。

2.3 长期旋回层序

盆地演化过程中由于构造应力聚积与释放，基底沉降速度发生周期性地变化，引起湖盆周期性扩张与收缩，形成较大规模的地层退积—进积叠加样式，构成长期旋回层序^[7]。根据识别出的 7 个Ⅲ类旋回层序界面，以及 8 个最大湖泛面，下侏罗统可划分为 8 个长期旋回层序。各长期旋回层序由 4~7 个中期旋回层序构成，平均厚度 38 m，平均沉积时限 3.1 Ma。

富县组为单独的长期旋回层序 LSC8, 为 A1 型旋回层序。其下部为风化壳残积土壤, 上部为冲积平原的河道沉积。形成于盆地演化初期, 盆地西缘抬升东部沉降阶段, 盆地内形成了自西而东的冲积扇—河流沉积体系^[8]。

延安组底部 LSC7 为 C1 型旋回层序。Y10 段上升半旋回为河流相沉积, 继承并加强了富县组的河流沉积作用。长期基准面上升至高位沉积了 Y10 顶部泛滥平原相泥岩, 盆地边缘相应形成薄煤层。

LSC6 为以下降半旋回为主的 C2 型不完全对称旋回层序。基底断裂作用造成盆地基地快速沉降, 在 Y9 期湖盆沉降幅度达到最大, 志丹—华池地区沉积了厚度较大的 Y9 段湖相泥岩, 盆地边缘沉积了相应的煤系地层^[1]。

Y9 期之后盆地进入缓慢抬升阶段。其间湖盆又经历了 Y8—Y7、Y7—Y6、Y6—Y4、Y4—Y3、Y3—Y1 共 5 次沉降与抬升, 形成了 LSC5、LSC4、…、LSC1 共 5 个以下降半旋回为主的 C2 型不完全对称长期旋回层序。长期基准面上升至最高位盆地边缘相应地形成了 Y8、Y7、Y6、Y4、Y2 段中上部的可采煤层, 盆地中心对应于湖相的泥岩。

2.4 超长期旋回层序

研究区下侏罗统厚度在 280~310 m 之间, 沉积时限为 25 Ma^[1], 顶、底界为盆地内不整合面, 为 II 类层序界面, 属于超长期旋回层序, 为以下降半旋回为主的不完全对称型旋回层序。形成于盆地基底快速沉降、缓慢抬升的构造背景。

下侏罗统沉积期是晚三叠世至晚白垩世鄂尔多斯大型内陆拗陷盆地演化的第 2 个阶段^[9]。印支期

太平洋板块向欧亚板块之下俯冲、欧亚大陆向南运动形成的左旋剪切应力场有所加强, 并派生出北西—南东向的挤压应力场, 造成太行山脉隆起, 其西部沉降形成早侏罗世聚煤盆地^[5]。

Y9 段沉积期是湖盆发育的鼎盛时期, 超长期基准面旋回上升到最高位, 湖盆扩张达到最大, 以深湖—半深湖相沉积为主的拗陷中心位于志丹、华池、甘泉等地^[1]。在盆地缓慢抬升阶段, 三角洲向湖进积, 湖盆淤浅, 沉积了著名的 Y6 “裴庄砂岩”、Y3 “真武洞砂岩”等三角洲前缘水下分流河道砂体。

3 等时地层对比格架

随着基准面上下旋回运动以及可容空间的变化, 自物源区到沉积中心不同的地理位置相应地发生侵蚀作用、沉积物路过时的非沉积作用、沉积作用以及沉积物欠补偿时的非沉积作用。旋回层序以及层序界面是这一系列地质作用的记录^[10]。因此旋回层序等时对比应遵循的原则即是同时代地层与地层、地层与界面、界面与界面的对比。旋回层序的二分时间转换面, 是进行等时地层对比的重要标志^[11]。

本文根据单井旋回层序划分结果, 对研究区数 10 口井进行了平面追踪与对比, 建立了研究区以长期旋回层序为框架, 以中期旋回层序为对比单元的下侏罗统等时地层对比格架(图 4)。

参考文献

[1] 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.

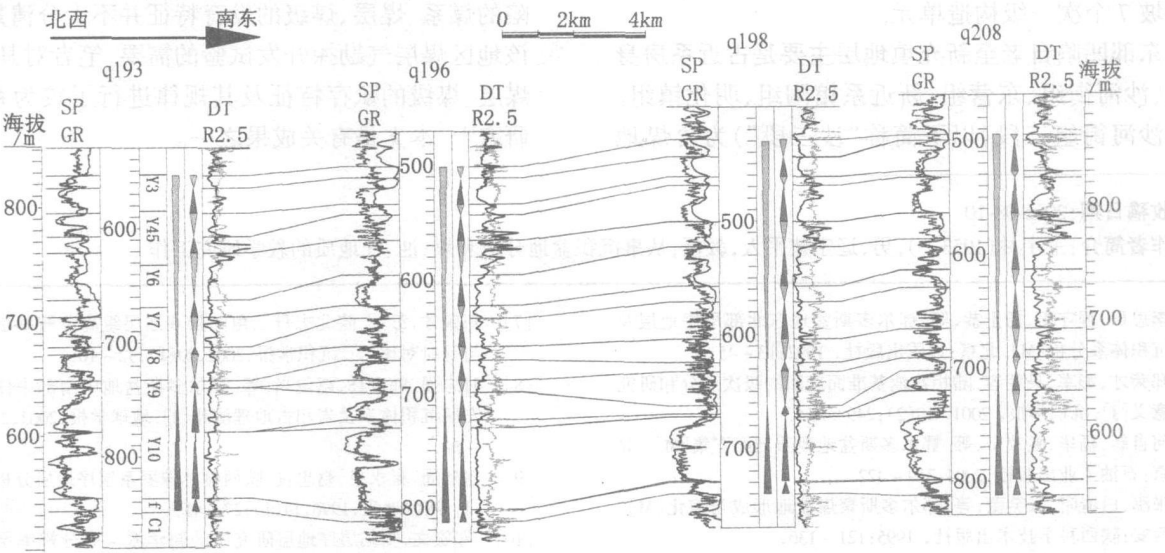


图 4 甘泉地区下侏罗统高分辨率层序地层等时对比格架

Fig. 4 The high resolution sequence — stratigraphy framework of Lower Jurassic in Ganquan area, Ordos Basin

文章编号: 1001-1986(2007)02-0014-03

辽河盆地东部凹陷沙三段煤种和煤级分布特征

王宇林, 高玉娟, 赵忠英, 姜志刚

(辽宁工程技术大学资源与环境工程学院, 辽宁 阜新 123000)

摘要: 运用煤田地质学基本理论和煤的镜质组反射率值及工业分析等有关数据, 确定了辽河盆地东部凹陷古近系沙三段含煤亚段的煤种主要为褐煤、长焰煤和气煤; 进而阐述了该煤段垂向上煤级与埋深的变化规律性、不同赋煤区各煤级垂向界限的差异性。在平面上, 长焰煤在东部凹陷的 6 个赋煤区均有分布, 褐煤分布于东部凹陷西南端和中北部, 气煤则集中分布于该凹陷的中南部。区域地温场和火山活动控制了煤级的空间分布。

关键词: 煤种; 煤级; 分布; 特征; 辽河盆地

中图分类号: P618.1104 **文献标识码:** A

Characters of coal classification and coal rank distribution in third member of Shahejie Formation in eastern depression of Liaohe basin

WANG Yu-lin, GAO Yu-juan, ZHAO Zhong-ying, JIANG Zhi-gang

(College of Resource and Environment Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

Abstract: Under general geological study of exploratory development of coalbed gas and underground gasification of coal bed in eastern depression of Liaohe basin, authors apply the basic principle of coal geology and the data of vitrinite reflectance and technical analysis of coal to ascertain that coal classification are dominantly the lignite, long-flame coal and gas coal of coal-bearing upper section of third member of Shahejie Formation. And then dissertate the variational regularity between coal rank and buried depth in vertical and otherness of vertical limit of coal rank in different coal-rich regions. The results show that the long-flame coal distributes in the six coal-rich regions, the lignite distributes in southwest and north central region and gas coal distributes in south central of eastern depression on plane. At last it is pointed out that the regional geothermal field and volcanic activity control the spatial distribution of coal rank.

Key words: coal kind; coal rank; distribution; character; Liaohe basin

辽河盆地位于下辽河地区, 为北东向展布的古近纪裂陷—新近纪拗陷盆地, 分为沈北凹陷、大民屯凹陷、西部凹陷、东部凹陷、西部斜坡、中央凸起和东部斜坡 7 个次一级构造单元。

东部凹陷自老至新充填地层主要是古近系房身泡组、沙河街组、东营组; 新近系馆陶组、明化镇组。其中沙河街组三段(以下简称“沙三段”)为含煤地

层, 自上而下含 14 个煤层或煤层组。

自 20 世纪 60 年代以来的油气勘探中, 就已发现辽河盆地东部凹陷沙三段煤层的存在, 但对该凹陷的煤系、煤层、煤级的发育特征并不十分清楚。应该地区煤层气勘探开发试验的需要, 笔者对其煤系、煤层、煤级的赋存特征及其规律进行了较为系统的研究^[1], 本文是有关成果之一。

收稿日期: 2006-08-10

作者简介: 王宇林(1953—), 男, 辽宁建平人, 教授, 从事沉积盆地分析和煤、油、气地质的教学研究工作。

- [2] 李思田, 程守田, 杨士恭, 等. 鄂尔多斯盆地东北部层序地层及沉积体系分析[M]. 北京: 地质出版社, 1992: 13—45.
- [3] 郑荣才, 彭军, 吴朝容, 陆相盆地基准面旋回的级次划分和研究意义[J]. 沉积学报, 2001, 19(2): 249—254.
- [4] 何自新, 杨华, 袁效奇, 等. 鄂尔多斯盆地地质剖面图集[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004: 319—422.
- [5] 张泓, 白清昭, 张笑薇, 等. 鄂尔多斯聚煤盆地形成与演化[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1995: 121—136.
- [6] 焦养泉, 李思田, 杨士恭. 三角洲—湖泊沉积体系及聚煤作用研究—以鄂尔多斯盆地神木地区延安组 II 单元为例[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 1992, 17(2): 114—121.

- [7] 郑荣才, 彭军. 陕北志丹三角洲长 6 油层组高分辨率层序分析与等时对比[J]. 沉积学报, 2002, 20(1): 92—10.
- [8] 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.
- [9] 赵廷周, 崔永泉, 赵忠良. 陕西榆林侏罗系层序地层分析及意义[J]. 陕西地质, 1996, 14(1): 27—41.
- [10] 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派—高分辨率层序地层学[J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(2): 89—91.
- [11] 邓宏文, 王红亮, 李熙喆等. 层序地层地层基准面的识别、对比技术及应用[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(3): 177—184.