

黄县早第三纪断陷盆地充填特征及层序划分

李增学 魏久传 李守春 韩美莲 兰恒星

(山东矿业学院)

[内容提要] 黄县早第三纪断陷盆地充填沉积序列共划分出三个层序(三级层序),层序Ⅰ不完整,层序Ⅱ和层序Ⅲ皆由低位体系域、扩张体系域和萎缩体系域三个基本单位构成。层序界面主要有区域构造运动界面和盆地构造应力转换面-体系域转换界面两种类型。聚煤作用、油气聚集主要发生在盆地低水位至扩张期,低水位和扩张体系域含有主要的煤层和油气母岩(生油岩)。

关键词 断陷盆地 层序划分 扩张体系域 盆地充填序列

90年代以来,在层序地层学研究领域出现了快速和变革性的发展,由以研究海相沉积地层为主的盆地扩展到以陆相沉积为主的盆地,由稳定的大陆边缘海盆地扩展到几乎所有沉积盆地充填特征的研究,层序地层概念体系得到迅速的发展和完善,丰富多彩的层序地层模式被提出来,从而推动了沉积学和地层学的发展。近几年来,国内外不少学者探讨如何在湖盆中应用和发展层序地层学方法,以科学地阐明湖盆的演化特点。如Scholz等人(1990)^[1]根据地震反射界面识别出了由不整合面及其相对应的整合面所分隔的湖盆层序,提出了半地堑湖盆的层序地层模式。Cohen(1991)^[2]研究了同样的湖盆,总结出了与Scholz等人的成果相似的层序地层模式,并认为气候的变化是湖平面波动的主要因素,而盆地的构造作用对物源供给及变化、盆地的地貌景观及相对湖平面变化产生重要影响。Olsen(1991)^[3]总结出了三种类型断陷湖泊盆地的层序地层样式及体系域分布模式,即Richmod型断陷湖泊盆地、Newark型断陷湖泊盆地和Fundy型断陷湖泊盆地层序地层模式。我国学者对国内典型湖泊盆地充填及层序地层进行了精细的研究,提出了湖泊盆地层序模式(李思田等,1995;林畅松等,1995)^[4,5]。黄县早第三纪断陷湖泊盆地具有独特的充填特征和层序构成模式,煤和油气聚集与盆地演化阶段、盆缘构造活动具有密切关系。

1 研究区概况

黄县含煤及含油气盆地位于郯庐断裂以东,鲁东断块之胶北块隆的西北缘。鲁东地区的构造受郯庐构造带的影响,在隆起区之上发育由断裂控制的小型断陷盆地,而且形成具有重要开采价值的煤、油气及其它伴生矿产。黄县断陷盆地是位于鲁东断块区内的唯一的第三纪聚煤盆地,属于隆起区之上的断陷含煤、含油气盆地。其南界为黄县-大辛店大断裂,东为北林院-洼沟断裂,这两条大断裂为控制盆地沉积充填的盆缘断裂。盆地东部和南部为太古宙及元古宙古老地层,下白垩统青山组和新生代玄武岩,以及燕山晚期花岗岩组成的低山、丘

① 1998年4月10日收稿。

② 山东省自然科学基金(Q94E0432)和煤炭科学基金(95地10509)资助项目。

陵,北为渤海(图1)。下第三系黄县组不整合于白垩系青山组之上,最大厚度1600余米,其中上亚组和下亚组不含煤,中亚组为含煤层段(图2)。

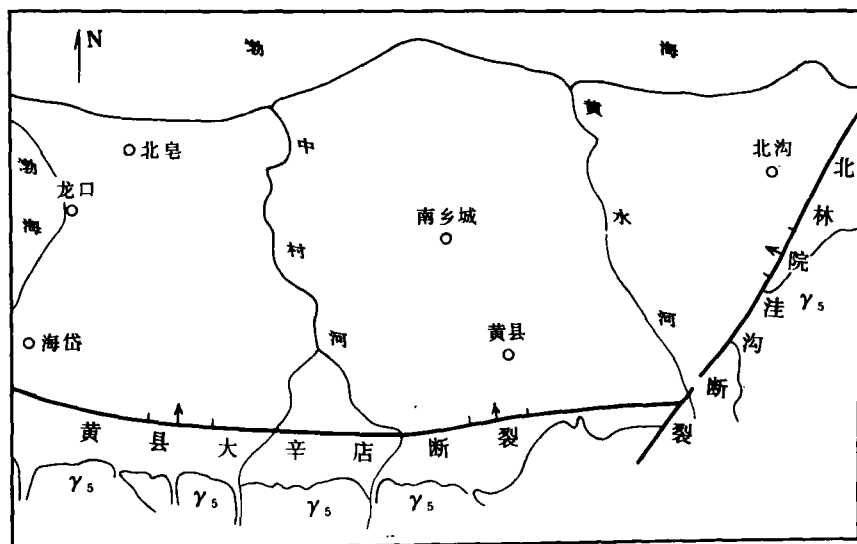


图1 黄县煤田位置及范围

Fig. 1 Location and scope of the Huangxian coalfield, Shandong

2 层序划分

2.1 层序界面的确定

在黄县断陷盆地沉积充填序列中,下列几种界面为层序划分界面。

2.1.1 构造运动界面——区域性不整合面

该运动界面是指在全盆地范围内发育的不整合面,并可与区域构造运动事件进行对比,如黄县组与盆地基底岩系白垩系青山组之间为不整合面,该界面为燕山运动第V幕所形成。该界面上下为两套截然不同的沉积组合序列。

另一个重要的构造运动界面为上、下第三系之间的界面,由喜马拉雅运动所形成,为一区域性构造运动界面。该界面上、下为两套不同的沉积组合,界面之下为一套含煤、含油的沉积组合,厚度巨大;而界面之上的上第三系,底部为厚度10m左右的底砾岩,上部为玄武岩,且具多次喷发、多旋回的特征。该界面为超出盆地范围的区域性不整合面,喜马拉雅运动造成早、晚第三纪的沉积特征和古地理轮廓有显著不同,尽管黄县断陷盆地为鲁东隆起区内的小型断陷盆地,但该界面在区域上具有对比性。

以上两个区域性界面在测井曲线上和地震剖面上反映比较明显,易于追踪对比,是进行层序划分的重要界面。

2.1.2 构造应力场转换面——盆地水域扩张或萎缩阶段形成的体系域转换面

由于构造运动性质或形式的改变导致盆地构造应力场的转换,如构造应力方向的改变或构造性质由伸展作用转变为挤压作用,导致盆地沉积机制发生改变。构造应力场转换面在沉积上表现为沉积体系或体系域的转换面,两者是有机地联系在一起的。这种界面在盆地内部为整合面,而在盆缘区则为侵蚀、冲刷或不整合面。对于黄县断陷盆地,盆缘断裂的活动影响和控制着盆地沉积,因而构造应力场转换面即是盆地沉积体制发生改变的界面,界面上下

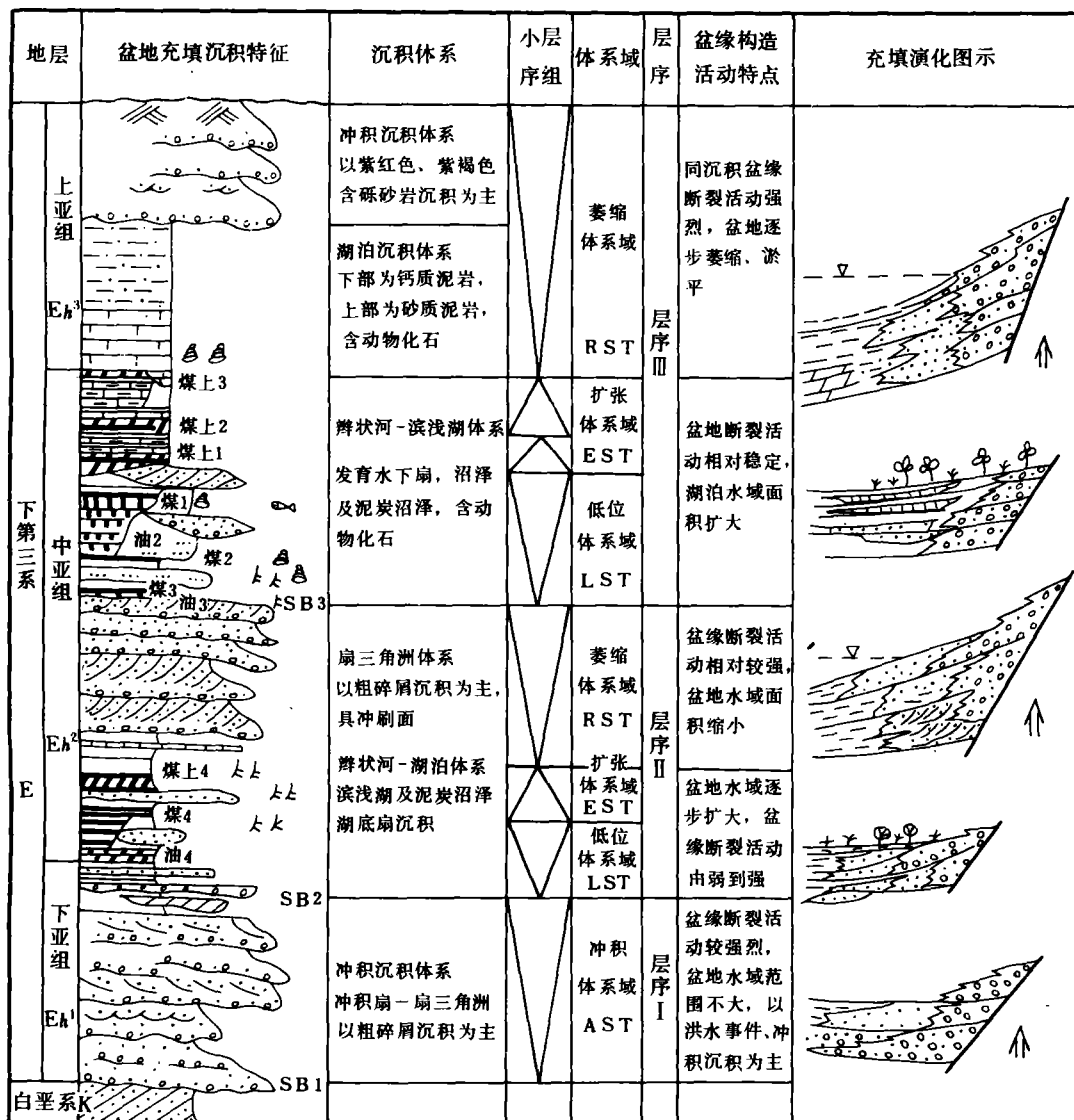


图2 黄县断陷盆地充填特征及层序划分

Fig. 2 The basin-filling features and sequence division in the Huangxian fault basin, Shandong

沉积体系的配置和沉积组合具有明显的不同,可以由沉积特征和测井曲线识别对比。

在黄县组含煤地层中可识别出2个(如图2中的SB2和SB3)这类层序界面,如SB3,在煤3之下有一层稳定分布的紫红色及杂色粘土岩,厚度由几米到20余米,且有北薄南厚的特点,为下含煤组顶部的主要对比标志之一。这是盆地萎缩后期,干枯阶段盆地表层土壤化的产物,是陆相盆地层序界面的标志之一。在该层杂色粘土岩之下为中粗粒砂岩,其间界面十分明显,界面上、下为两套各具特色的含煤沉积组合。这一界面为体系域的重要分隔界面。据李经荣等(1992)研究,黄县组在煤3上下其生物组合有明显的差异,并将煤3以上划为黄县组,时代属渐新世,而煤3之下划为龙口组,时代归属古新世。不管这种划分方案是否合适,但煤3上下古生物组合的明显变化给层序界面的划定提供了依据。

2.2 层序划分

根据上述对层序界面的识别和划分,以及黄县断陷盆地沉积充填特征及盆地演化分析,经全盆地范围钻孔岩心、测井资料对比追踪,以及大比例尺沉积断面网络图、沉积分析等综合研究,黄县组共划分出四个层序界面,其中黄县组顶、底界面(SB1和SB4)为两个构造运动界面,中间识别出2个盆地构造应力场转换——体系域转换界面。因此,确定出3个层序(sequence),即层序Ⅰ(SⅠ)、层序Ⅱ(SⅡ)和层序Ⅲ(SⅢ)(图2)。

在断陷湖盆的层序地层分析中,不能套用起源于边缘海盆地的层序地层学术语,因为湖盆的变化一般不是单方向水的进退,而是盆地水体整体性扩展和萎缩,因此,本文使用扩张体系域(expanding systems tract)和萎缩体系域(reducing systems tract)等概念。

2.2.1 层序Ⅰ(SⅠ)

底界面为SB1面,区域构造运动事件界面,为不整合面,其下伏地层为白垩系青山组,其上为早第三纪早期粗碎屑充填沉积。顶界面为盆地构造应力场转换面,也是盆地充填沉积中体系域性质发生根本性转换的构造-沉积事件界面。该层序不完整,主要为冲积沉积体系(域)(AST),岩性为灰—灰绿色泥岩、砂岩、杂色粘土岩,以及紫红色砂砾岩、细砂岩等,厚度大于500m。在盆地充填早期,盆缘构造活动非常活跃,冲积扇—扇三角洲发育。该层序不含煤。

2.2.2 层序Ⅱ(SⅡ)

层序Ⅱ的顶底界面皆为构造应力场转换面,为三元结构,即底部的低水位体系域(LST)、中部的水域扩张体系域(或湖泊扩展期体系域)(EST)和上部的湖泊萎缩期体系域(RST)。低水位体系域由加积型小层序组成。水进体系域由退积型小层序组成,但厚度较薄。萎缩体系域由进积型小层序组成,主要为扇三角洲、辫状三角洲体系沉积,厚度较大。在低水位期,湖底扇发育,且成矿作用较强,聚积了具开采价值的煤层和油页岩,如油4和煤4。扩张体系域较薄,为盆地水域扩展沉积,盆缘断裂活动相对稳定,以细粒碎屑和泥质沉积为主,盆缘带仍发育辫状河—湖泊三角洲沉积,在垂向上形成退积型小层序(组)。随着盆地边缘构造活动加剧,盆地由扩展转为逐渐萎缩期,扇三角洲发育,由盆缘向盆地内部快速推进,形成巨厚的粗碎屑沉积。以后逐渐形成辫状河—三角洲体系,盆地被逐渐充填,水域逐渐萎缩,沼泽分布局限。因此,成矿作用极弱,没有形成具开采价值的煤及油气。盆地萎缩期的体系域由多个进积型小层序组成,小层序底部具冲刷面。

层序Ⅱ为黄县断陷盆地充填沉积中比较典型的具三元结构的陆相层序,是盆地演化中一个构造旋回的产物,因此,盆地构造控制着层序的形成和内部结构特征。层序Ⅱ实际上与黄县组的中亚组下含煤段大致相当。

2.2.3 层序Ⅲ(SⅢ)

层序Ⅲ的底界面为盆地构造应力场转换面(即煤3之下杂色粘土岩层的顶界面),顶界面为区域构造运动面,即上、下第三系的分界面。层序Ⅲ沉积时期为黄县盆地又一重要的构造旋回和充填沉积阶段。层序Ⅱ沉积结束后,盆地又一次进入相对稳定发展阶段,湖平面上升,盆地水域扩展。由低水位期到扩张期,盆地低洼地带低等及高等植物繁盛,形成重要矿产,如煤、油页岩。在湖泊扩张期可见到泥灰岩与煤层多次交互出现,其间夹一些小型扇体沉积,说明扩展过程仍有一些振荡性变化。在水域扩展最大时期,即最大湖泛时期,湖盆覆水较深,盆地基底沉降速度大于沉积物供给速度,在盆地相当大的范围内以泥质、极细粒沉积和化学沉积为主,湖泊盆地出现饥饿沉积期。这也是盆地充填机制发生重要转折的时期,由扩

展期进入到高水位期。随着盆缘断裂活动的逐渐加剧,盆缘与剥蚀区高差加大,冲积体系逐步形成,盆地充填进入新的活跃时期,扇三角洲体系发育而辫状河体系不发育。

层序Ⅲ的湖泊萎缩体系域厚度最大,包括了整个黄县组的上亚组。从岩性组合上可划分出三个层段:下段为钙质泥岩段,夹薄层泥灰岩、泥岩,厚度20~140m,盆缘区薄;中段为紫红色泥岩,夹少量砂岩,厚度达200~250m;上段为紫红色、红褐色中砂岩,夹灰绿色细砂岩和粘土岩薄层,最大厚度达400余米。粗碎屑沉积体逐步向盆地推进,最终充填整个湖盆,而使盆地淤浅、干枯废弃。

层序Ⅰ和层序Ⅲ为两个完整的层序,从层序结构上讲,为三元结构,即下部为低位体系域,中部为扩张体系域,上部为萎缩体系域。

3 主要沉积体系类型

黄县断陷盆地主要沉积体系有:冲积扇-扇三角洲-水下扇沉积体系、辫状河三角洲-湖底扇体系、滨浅湖-沼泽体系、深湖泥质-浊积沉积体系等。本文仅论述前两个比较典型的沉积体系。

3.1 冲积扇-扇三角洲-水下扇沉积体系

扇三角洲(fan delta)在黄县断陷盆地充填沉积中最为发育,尤其在盆地萎缩体系域中,扇三角洲体系为其骨架部分。由于盆缘构造的控制作用,断陷湖泊的水体变化很大,对盆地充填沉积相的发育有重要影响。在垂向层序上为进积型组合,多以事件性洪流沉积为主体。冲积扇沉积由略显层理的砂砾岩及具有平行层理和交错层理的砂岩组成。扇三角洲主体部分由具波状交错层砂岩和泥岩呈互层组成,水下扇沉积中泥质较多,砾岩、砂岩含有丰富的泥基质。在大量钻孔资料对比分析基础上选出两个代表性钻孔的垂向上层序进行比较(图3);BH3孔位于盆地中心部位(为北皂区海域扩大区),N8孔位于盆缘区。可以看出,扇三角洲在盆缘区发育、厚度大,往盆地中心部则过渡为水下扇,厚度变小,砂质沉积明显变少。

3.2 辫状河三角洲-湖底扇体系

主要发育于盆地低水位期和扩张期,即是在盆地断裂活动相对稳定期发育辫状河三角洲。由近源的辫状河及冲积扇扇中至扇尾的辫状河系推进到相对广阔的坡度较缓的湖泊水体中形成,沉积作用以近端扇和辫状河平原为特征。在远端湖泊较深水区域形成湖底扇,这在我国东部新生代的一些断陷湖盆的深陷扩张期,湖底扇比较普遍。

在黄县断陷盆地充填沉积中,辫状河-湖底扇体系与聚煤作用和油气聚集具有密切关系,在层序Ⅰ和层序Ⅲ的低水位—深陷扩张期,沉积了具开采价值的煤层和厚度较大的生油母岩,如煤4、煤2和油4、油2等。辫状河-湖底扇体系的垂向层序中,湖底扇与生油母岩、煤层共生组合在一起,一般是下部为湖底扇,往上为生油母岩,再往上为湖泊沼泽沉积,顶部为泥炭沉积。可以看出,辫状河-湖底扇体系为层序形成过程中的重要成矿阶段。因此,层序界面和体系域、沉积体系的识别和分析,在煤聚积和油气聚集研究领域具有重要意义。

4 黄县早第三纪断陷盆地充填演化特征分析

从沉积层序结构和沉积体系、体系域转换的特点分析,早第三纪黄县断陷盆地主要有三个大的演化阶段(图4)。

4.1 早期裂陷作用形成箕状断陷盆地雏形

黄县断陷盆地雏形形成于基底断裂裂陷作用。黄县-大辛店断裂形成于中生代晚期,在

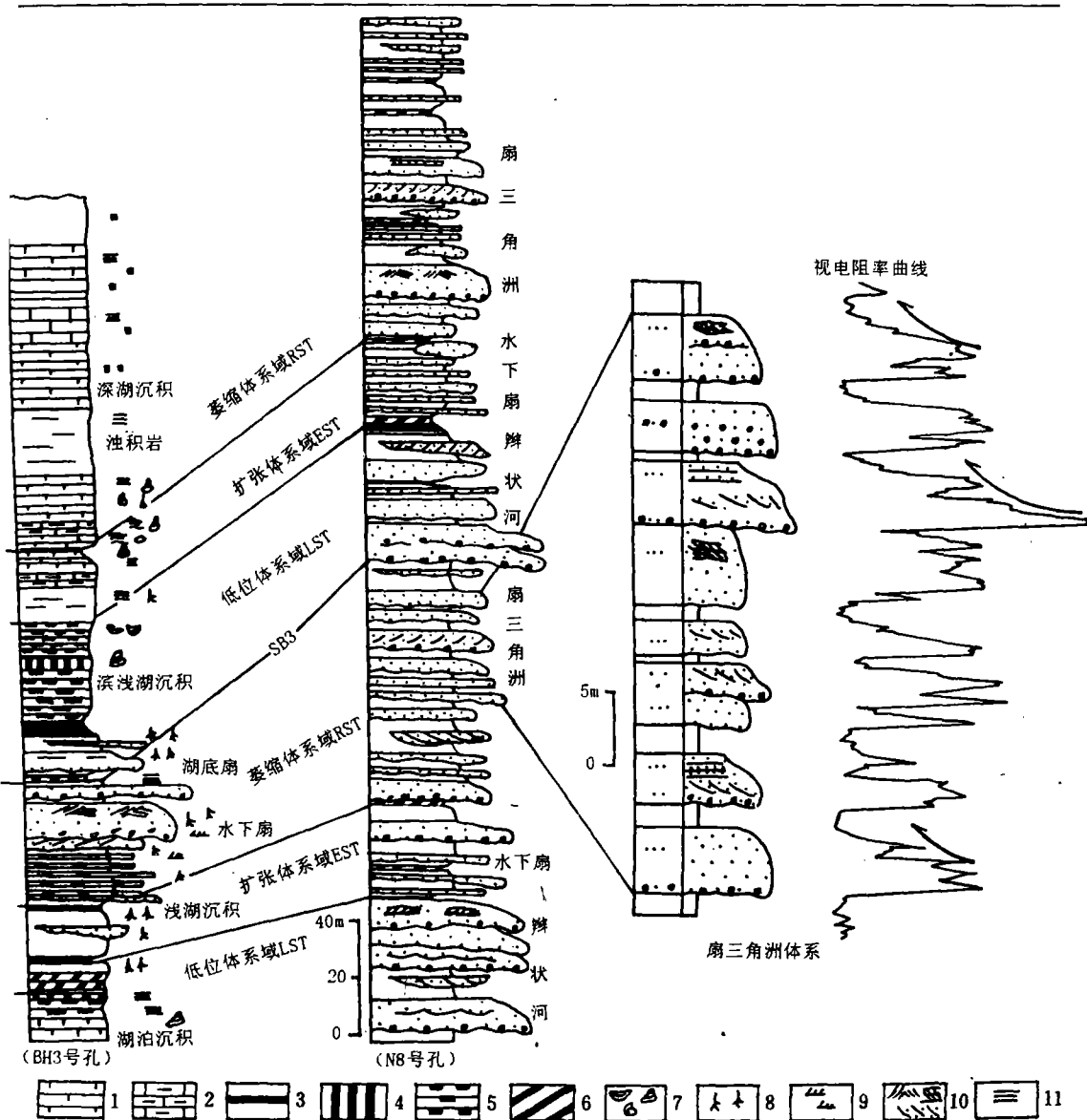


图3 黄县断陷盆地层序Ⅰ、层序Ⅱ垂向序列特征

1. 钙质泥岩; 2. 泥质灰岩; 3. 煤层; 4. 油页岩; 5. 含油泥岩; 6. 碳质泥岩; 7. 动物化石;

8. 植物根化石; 9. 植物化石碎片; 10. 交错层理; 11. 水平层理

Fig. 3 Vertical architectures of Sequences I and II in the Huangxian fault basin, Shandong

1=calcareous mudstone; 2=muddy limestone; 3=coal seam; 4=oil shale;

5=oil-bearing mudstone; 6=carbonaceous mudstone; 7=animal fossil; 8=plant root fossil;

9=plant remains; 10=cross bedding; 11=horizontal bedding

新生代强烈活动,它是黄县断陷盆地的基底断裂,也是盆地的边缘断裂,控制着盆地充填沉积。该大断裂南侧为元古宙玲珑期花岗岩(γ_2)和燕山期花岗岩(γ_5)。北林院-洼沟断层为盆地的东部边界,形成于中生代,在新生代强烈活动,也是控制黄县断陷沉积的边缘断裂。早第三纪早期的裂陷作用,形成黄县断陷盆地的雏形,由于断裂两侧地形差异渐趋明显,盆地接受沉积,主要是规模较小的冲积扇沉积。随着裂陷作用的加强,逐渐形成大规模的冲积扇-辫状河沉积,为冲积沉积体系。

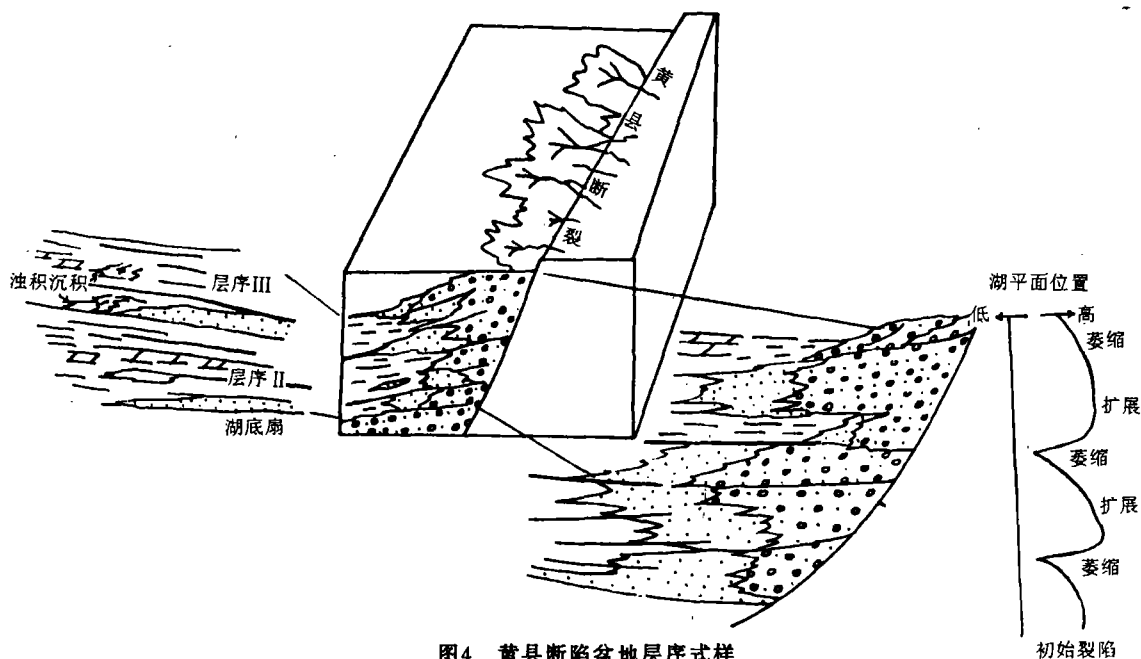


图4 黄县断陷盆地层序式样

Fig. 4 The sequence patterns in the Huangxian fault basin, Shandong

层序 I 即是在盆地早期的充填沉积,包括了黄县组下亚组的中下部地层,厚约500 余米,不含煤,无任何化石,基底活动由弱到强。因此,层序 I 由冲积体系(域)组成,但却奠定了黄县断陷盆地充填沉积的基础。

4.2 盆地成熟发展阶段

盆地成熟发展阶段主要经历两个大的构造-沉积旋回,在地层记录上表现为层序 II 和层序 III 的完整结构和有规律的聚煤作用发生。盆地的深陷扩张期,盆地水域由低位逐渐扩张(相当于水进),盆缘外侧隆起区(剥蚀区)与盆缘内侧区高差不太大,因此,盆缘坡度相对较缓,此时辫状河体系发育,滨浅湖及辫状河冲积平原上的洼地部分有植物生长,逐渐形成湖泊沼泽。但盆缘区仍以冲积沉积为主。在黄县盆地充填沉积历史上曾出现两次这样的低位扩张期,隆起区抬升幅度不大,因此有两次重要的聚煤作用发生。盆地边缘断裂的再次强烈活动,使盆地边缘坡度加大,隆起区与盆地高差悬殊,导致盆地沉积机制发生改变,冲积扇-扇三角洲逐渐发育且规模增大,使得聚煤作用终止,盆地接受快速的、大规模的粗碎屑充填沉积,并逐渐萎缩。层序 II 和层序 III 代表了这样两次大的构造-沉积旋回事件。

4.3 盆地废弃阶段

在层序 III 沉积后期,即层序 III 萎缩体系域发育的最后阶段,上亚组的上部,盆地以接受冲积沉积为主,湖盆面积缩小、冲积-河流回春,直至最终废弃,湖盆消亡,区域隆升,形成大面积风化暴露面。层序 III 上部为400 余米的红色中砂岩夹薄层粘土岩沉积。早第三纪晚期喜马拉雅运动使盆地整体抬升,遭受剥蚀,形成了上、下第三系的不整合面。

5 结论

(1)黄县断陷湖盆的沉积充填主要受盆地基底断裂构造活动的控制,区域构造运动、盆缘构造的活动机制控制盆地层序形成及内部构成型式。

(2)黄县断陷盆地层序界面主要有两类,一类为超出盆地范围的区域构造运动界面和构造应力转换面——体系域转换界面。后一种界面的识别和追踪比前者更重要。

(3)黄县早第三纪盆地充填层序可划分出三个基本层序(sequence):层序 I 不完整,层序 II 和层序 III 具有三元构成特点。

层序划分与传统的地层划分不一致。传统地层划分主要考虑层段的含煤性,如上亚组和下亚组不含煤,中亚组含煤,且分为上、下两个含煤段。这种地层划分忽视了沉积地层内部的重要界面,易于导致地层对比上出现失误,也不利于煤和油气的预测。实质上,黄县断陷盆地的聚煤作用主要发生于低水位—深陷扩张期,因此用层序地层学的方法研究盆地的聚煤作用及规律更具科学意义。

参 考 文 献

- 1 Scholz C A and Rosendahl B R. Coarse-clastic facies and stratigraphic sequence models from Lakes Malawi and Tanganyika, East Africa. In: Lacustrine Basin Exploration. Case Studies and Modern Analogs, Edited by Barry J K, AAPG Memoir 50, 1991, 151—168
- 2 Cohen A S Tectono-stratigraphic model for sedimentation in Lake Tanganyika, Africa. In Barry J K (ed.), Lacustrine Basin Exploration, Case Studies and Modern Analogs. AAPG Memoir 50, 1991, 137—150
- 3 Olsen P E. Tectonic, climatic, and biotic modulation of lacustrine ecosystem—examples from Newark Supergroup of Eastern North America. In Barry J K (ed.), Lacustrine Basin Exploration, Case Studies and Modern Analogs, AAPG Memoir 50, 1991, 209—225
- 4 李恩田、林畅松、解习农等. 大型陆相盆地层序地层学研究——以鄂尔多斯中生代盆地为例. 地学前缘, 1995, 第3—4期, P133—136
- 5 林畅松、李恩田、任建业. 断陷湖盆层序地层研究和计算机模拟——以二莲盆地乌里雅斯太断陷为例. 地学前缘, 1995, 第3—4期, P124—132

The basin-filling features and sequence division in the Paleogene Huangxian fault basin, Shandong

Li Zengxue Wei Jiuchuan Li Shouchun Han Meilian Lan Hengxing
Shandong Institute of Mining and Technology

ABSTRACT

Three sequences (third-order sequence) can be distinguished for the Huangxian Paleogene fault basin. Sequence I is interrupted. Both Sequences II and III are composed of three basic units: lowstand systems tract (LST), expanding systems tract (EST) and reducing systems tract (RST). There are two kinds of sequence boundary: regional tectonic plane and basin tectonic stress transform plane-systems tract transform plane. Coal and oil accumulation took place mainly in the lowstand to expanding periods, and thus coal seams and parent strata of oil and gas (oil-generating strata) are hosted dominantly in the lowstand and expanding systems tracts.

Key words: fault basin, sequence division, expanding systems tract, basin-filling sequence, Huangxian Basin, Shandong