

山东黄县早第三纪断陷盆地 低水位和扩张体系域聚煤作用分析

李增学 魏久传 兰恒星 李守春

摘要 山东黄县早第三纪断陷盆地充填沉积序列可以划分出三个构造—沉积旋回，而盆地断裂活动是控制盆地充填沉积的主导因素。根据构造—沉积旋回、层序界面和盆地演化特点分析，下第三系共划分出三个层序，层序 和层序 含煤和含油。低水位体系域和扩张体系域都有聚煤作用发生，而前者最强。聚煤作用中心随盆地沉积层序的不同演化阶段发生迁移，低水位期主要位于盆缘至盆地中心的过渡带，盆地中心也有聚煤作用发生：扩张期聚煤作用中心向盆缘区迁移，且范围缩小；萎缩期聚煤作用最弱，一般在盆地中心区，且分布范围局限。在黄县断陷盆地充填层序中，油页岩可以作为层序中的密集段。

关键词 扩张体系域 萎缩体系域 断陷盆地 煤聚积规律 山东黄县煤田

中图分类号 P534.1 文献标识码 A

Coal Accumulation in the Lowstand and Highstand Systems Tracts in the Huangxian Paleogene Faulted Basin

LI Zeng-xue¹ WEI Jiu-chuan¹ LAN Heng-xing² LI Shou-chun¹
1(Shandong Institute of Mining & Tech, Tai'an Shandong 271019)
2(Institute of Geology, Chinese Academy of Science, Beijing 100029)

Abstract

The Huangxian Paleogene faulted basin is located at the northwestern margin of the Jiaobei faulted uplift, the Eastern Shandong faulted block, east to the Tanlu Fracture zone. It is a terrestrial depositional basin, belong to the coal, oil and gas faulted basin in uplifted block. Two kinds of sequence boundaries are recognized in the basin filling succession. One is regional tectonic boundary, displaying as the regional unconformity. The other is the tectonic-depositional mechanics-transforming boundary, that is the basin water expand or shrink due to the basin tectonics transformation (tectonic stress field change). The upper part of the tectonic-depositional mechanics boundary is different from the lower part in depositional association.

Three tectonic-depositional cycles can be distinguished in the basin filling succession,

which were controlled by the activity of the marginal faults of the basin, According to the

basin, three sequences can be divided, that is, sequence , and from bottom to top. The sequence and are complete third-order sequences, with lowstand, transgressive and highstand systems tracts, containing coal, oil and gas deposits. Five genetic stratigraphic units can be identified. The sequence is mainly fluvial depositional system, forming the first genetic stratigraphic unit. The lowstand and transgressive systems tracts in sequence and constitute four genetic units respectively. The evolution of the faulted basin was controlled by the tectonic activity in the basin. The lake level changes were expressed as integral water expansion or shrink, not in a single direction.

Study shows that the coal accumulation occurred in both the lowstand and transgressive systems tracts, stronger in the lowstand systems tracts. The centers of the coal accumulation migrated with the evolution of the sequences. The coal accumulated mainly in the transitional belt from the basin's center to margin, also in the center of the basin. The coal accumulation centers migrated toward the basin's margin in the transgressive systems tracts, with smaller scopes. There was only small-scaled coal accumulation in the highstand systems tracts, occurring in the center part of the basin. The activity of the basin's marginal faults was relatively stable in the lowstand periods. In despite of fluvial-braided river system developed in the basin, the blocks outside the basin uplifted in a small scale. The coarse sediment supply was not abundant. The lake basin with shallow water beneaped and gradually became swamp, further transmulated to peat swamp, forming large-scaled coalbeds.

The oil shales and the oil-bearing shales in the basin's filling succession contain a lot of animal remains and animal fragments distributed in the top of the lowstand systems tracts, which, the authors believe, may be the condensed interval in the basin's sequence. They are important ore-bearing layers, playing key roles in the sequence division.

Key words lowstand systems tract transgressive systems tract highstand systems tract faulted basin coal accumulation Huangxian coalfield Shandong

陆相盆地层序形成的主要影响因素为盆地区域构造运动, 因此, 构造—沉积分析, 结合事件地层分析构成陆相盆地层序地层分析的主要思路。陆相盆地内部的构造分区明显、沉积分异大, 盆地具有物源近、沉积物堆积快等特点, 而且沉积地层相变快、沉积中心转移快、盆地水域面积较局限且变化大。陆相盆地沉积构成比较复杂, 沉积体系内部相组合和配置特点与盆地构造沉降、区域构造运动具有密切关系。黄县早第三纪断陷盆地为陆相沉积盆地, 位于郯庐断裂带以东、鲁东断块之胶北块隆的西北缘, 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。

1 黄县断陷盆地构造—沉积旋回及层序地层特征

1.1 层序界面类型

在黄县断陷盆地沉积充填序列中识别出两类性质不同的层序界面, 一类是区域构造运动界面, 表现为区域性不整合, 如黄县组与基底岩系白垩系青山组之间的不整合面, 为燕山运动第V幕形成; 上、下第三系之间的不整合面为喜山运动所形成(如图1

中的SB1和SB4)。上述两个不整合面是区域性的、超出盆地范围可追踪对比的较大型的

制转换面,是由于盆地构造性质转变(应力场转换面)导致盆地水域扩张或萎缩,从而形成了沉积体系或体系域的转变(如图1中的SB2和SB3)。这种构造—沉积体制转换面应是全盆地范围的,界面上下为完全不同性质或配置关系不同的沉积组合。

国内外大量研究表明,许多陆相断陷盆地中,冲积—河流沉积体系是最常见的,而湖泊沉积则需要特殊的条件。有两种机制可导致沉积体系或体系域的转变:构造作用导致单位时间进入盆地的沉积物体积减少或盆地的可容沉积空间增加,冲积—河流体系即向湖泊体制转换^[1];由于盆地边界断层活动导致沉降面积随时间而增大,即使假定供给的沉积物体积不变,只要沉积物不能填满新增加的沉积空间,早期的河流沉积也将最终转换为湖泊沉积^[2]。因此,由于盆地构造运动(如盆缘边界断层活动)导致的沉积体制改变的界面是层序划分的重要依据。

1.2 构造—沉积旋回和层序

1.2.1 盆缘断裂活动特点和构造—沉积旋回

黄县断陷盆地充填沉积主要受盆缘断裂活动的控制。黄县—大辛店断裂为盆地的南缘边界断裂,北林院—洼沟断裂为盆地东缘边界断裂,两条断裂控制着盆地的充填沉积,并构成了箕状断陷盆地样式。两条断裂皆形成于中生代晚期,在新生代强烈活动。早第三纪早期的裂陷作用,形成黄县断陷盆地的雏形,由于断裂活动逐渐加强,断裂两侧地形差异明显,上盘下陷形成盆地并接受沉积,由小型的冲积扇逐步形成大型的冲积扇—辫状河沉积,构成冲积沉积体系。但这一阶段没有形成大的湖泊,盆地水体较浅,或大部区常处于暴露状态,突发性的洪水事件成为主要的沉积驱动力。因此,早第三纪早期黄县盆地主要是粗碎屑夹杂色粘土类沉积,厚度达500余米。这是黄县盆地充填沉积的第一构造—沉积旋回()。

盆地成熟发展到废弃阶段经历了两次较大的构造—沉积旋回事件,形成了两套含煤、含油的沉积组合。由于盆地边缘断裂活动导致沉降面积逐渐增大,沉积物供给速度小于盆地沉陷速度,盆地覆水深度加大,可容空间增大,早期的冲积沉积体系转换为辫状河三角洲—湖泊沉积,沉积体制发生根本性变化。盆地经历了两次大的扩张—萎缩演化阶段。这是黄县盆地充填沉积的第二()和第三构造—沉积旋回()(图1)。

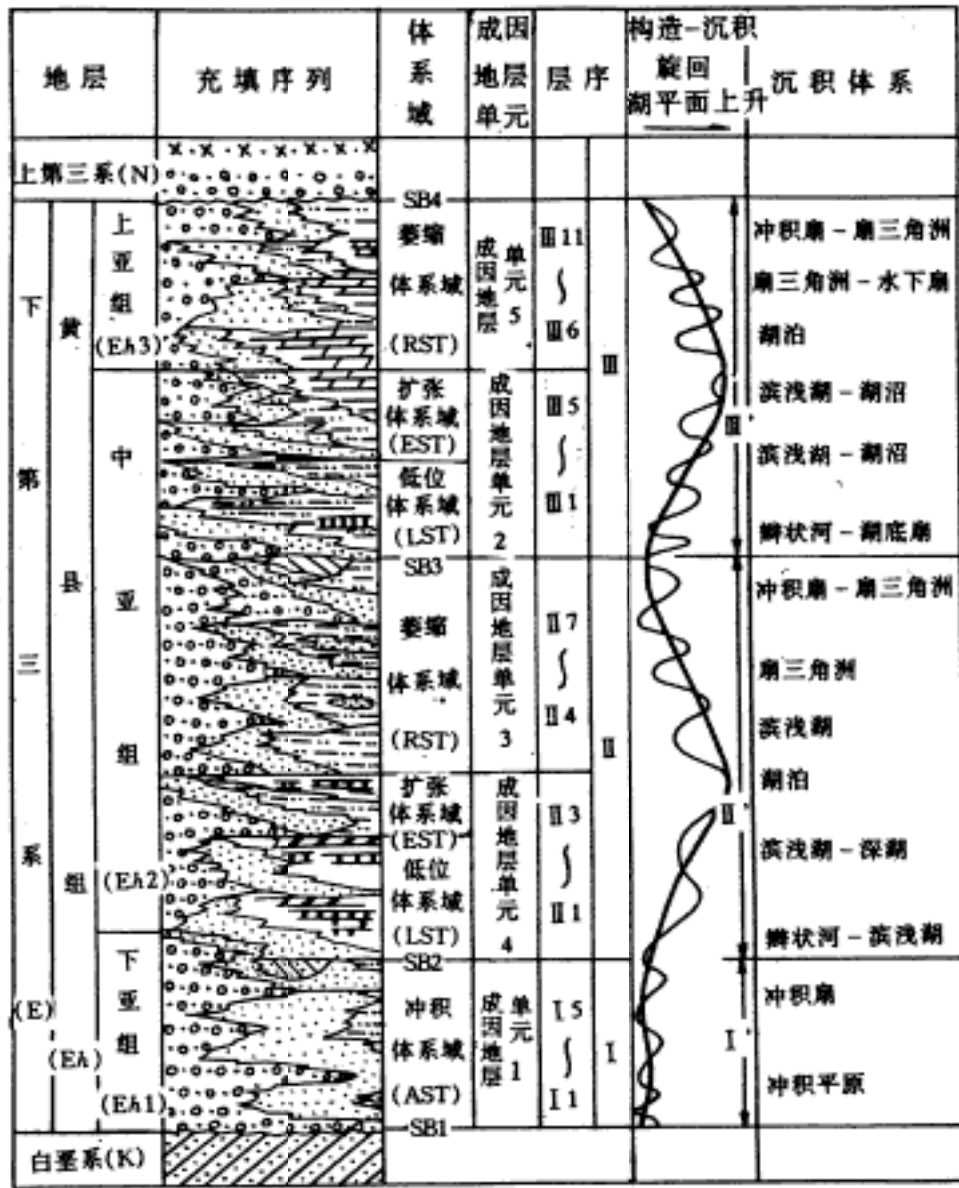


图1 黄县早第三纪断陷盆地充填演化与层序划分
 Fig.1 The basin-filling evolution and sequence division of the Huangxian Paleogene faulted basin

1.2.2 层序和成因地层单元划分

经对黄县盆地构造—沉积旋回特点分析和层序界面的识别，早第三纪黄县盆地充填共划分出了3个三级层序(基本层序)、5个成因地层单元(图1)。层序 为不完整层序，仅有冲积体系组成，顶界面为体系域转换面(SB2)，底界为区域构造运动面(SB1)。但从成因地层意义上看，构成一个比较完整的成因地层单元，即盆地早期充填沉积中比较典型的冲积沉积组合，沉积成因机制并不十分复杂。层序 和层序 为完整层序，三元结构，即层序底部为低水位体系域，中部为扩张体系域，上部为萎缩体系域。因为断陷盆地主要受构造活动的控制，湖平面变化也不是由单方向水的进退引起的，而是盆地水域面积整体上发生扩张或萎缩，因此用盆地的构造演化特点命名体系域比较符合陆相盆地层序地层学的内涵。盆地在低水位期和扩张期，总的沉积机制具有继承性，因此本文将低位体系域和扩张体系域的沉积地层划归为一个成因的地层

单元。而在盆地萎缩期，盆地构造活动特点发生根本性变化，沉积机制也发生了大的既有成因意义又有地层学意义，并对分析断陷盆地煤和油气聚集规律具有良好的指导作用。

2 低水位、扩张体系域和煤聚积规律分析

2.1 典型沉积序列

对研究区内200余个钻井和测井资料进行详细的垂向层序分析和对比，以及沉积断面网络图编制和砂体展布特征分析，对盆地充填序列特征和沉积体系、相的组合及其横向变化(配置)有了清晰的认识。本文选择了处于盆地中心部位的BH3号孔(现北皂海域扩大区)、处于过渡带部位的3-8号孔和N57号孔，以及处于盆缘部位的N8号孔，对比盆地不同部位沉积层序特点及横向变化(图2)。可以看出，在盆缘区，扇三角洲、辫状河沉积比较发育，且在垂向上有规律地重复出现；在盆缘与盆地中心间的的边带带上，辫状河沉积组合、水下扇体、滨浅湖泊沉积组合比较发育，湖泊滨岸沼泽发育，且多是在滨浅湖沉积组合的上部。在盆地中心部位，湖泊沉积组合、水下扇、湖底扇及浊积沉积比较发育，在盆地低水位期，滨浅湖—湖泊沼泽也比较发育。一个重要的特点是，聚煤作用和生油母岩沉积发生于低水位期和扩张期，在萎缩期几乎没有煤及油生成。因此，低水位体系域和扩张体域沉积组合序列分析显得十分重要。

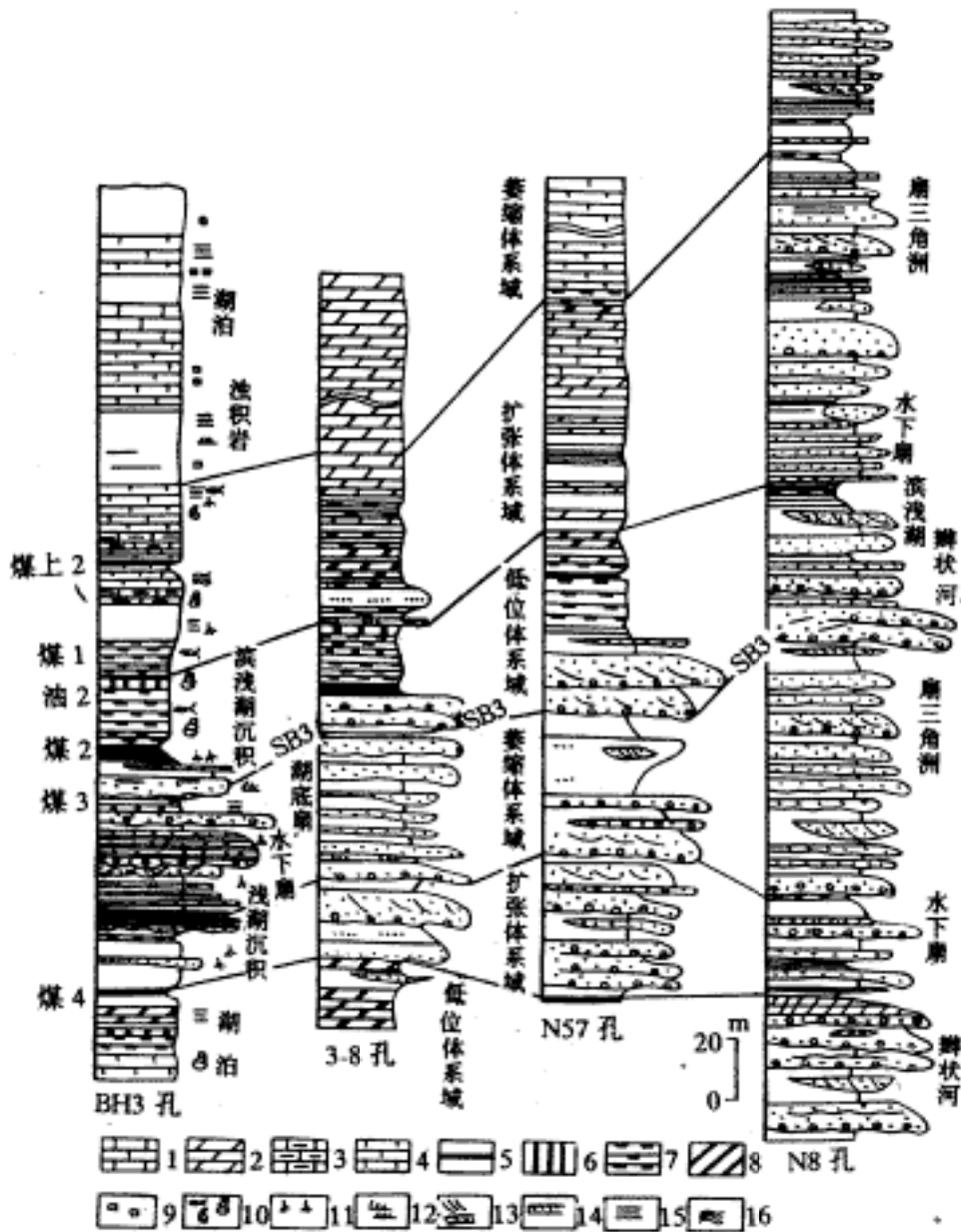


图2 黄县断陷盆地典型沉积序列

- 1.石灰岩；2.泥灰岩；3.泥质灰岩；4.钙质泥岩；
- 5.煤层；6.油页岩；7.含油泥岩；8.炭质泥岩；9.黄铁矿；
- 10.动物化石；11.植物根化石；12.植物化石碎片；
- 13.交错层理；14.平行层理；15.水平层理；16.波状层理

Fig.2 The typical depositional succession of Huangxian faulted basin in

2.2 煤聚积规律

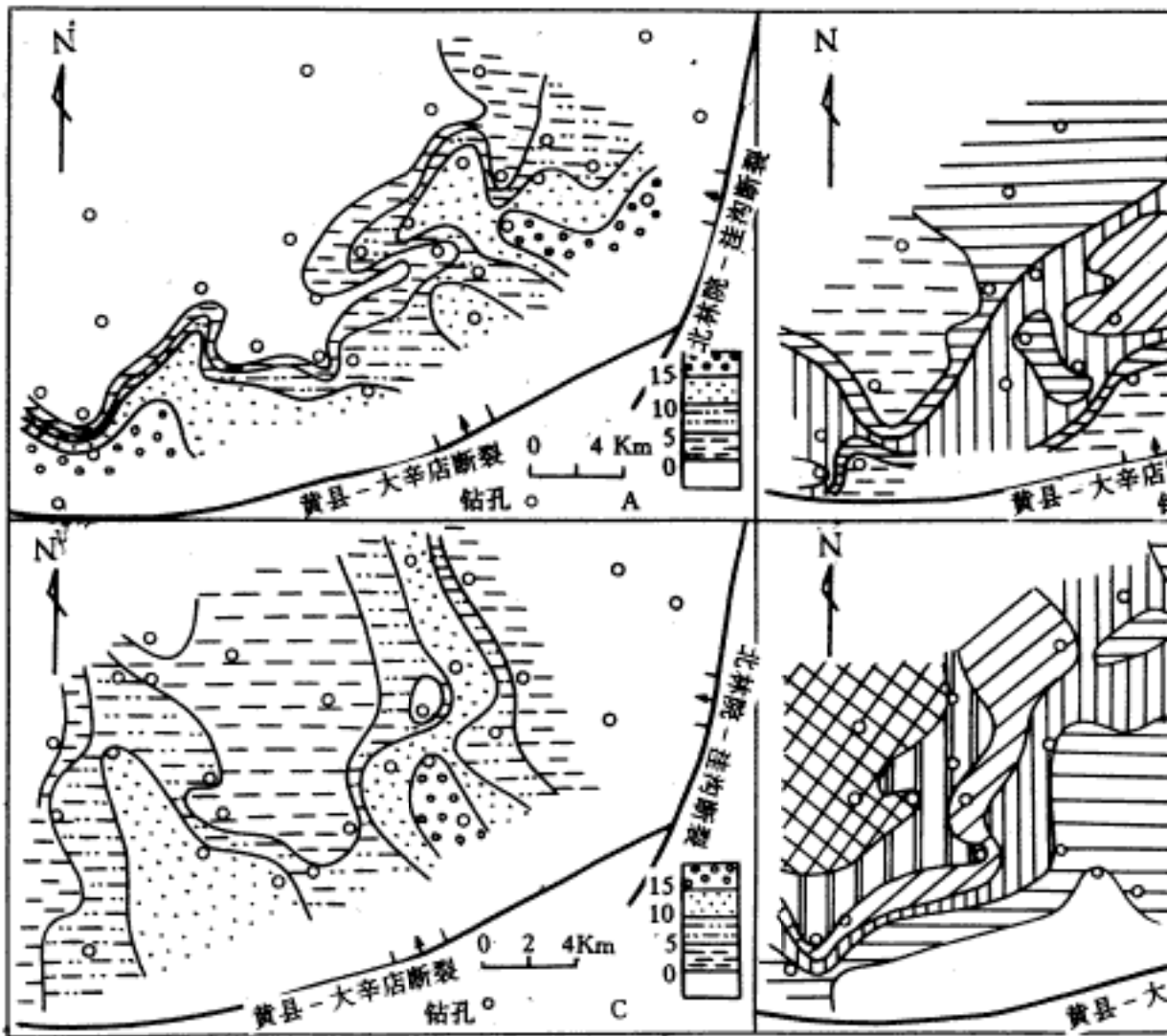
如上所述，黄县断陷盆地成矿作用主要发生于盆地低水位期和扩张期，尤其是低水位晚期、盆地水域整体扩张发生之前，聚煤作用最强。如煤1、煤2和煤4等均为可采煤层，分布范围较大，一般在过渡带厚度较大，扩张期形成的煤层多为局部可采煤层，分布范围较局限，多靠近盆缘区向盆一侧，在盆缘和盆地中心部位聚煤作用差或没有聚煤作用发生。而萎缩期形成的煤层厚度更薄、不可采，分布于盆地中心区且较

局限。由此可看出，黄县断陷盆地聚煤作用受控于湖盆地水域体制的变化，而盆地的

活动处于比较稳定阶段，尽管河流回春，辫状河发育，但盆缘外侧(盆缘断裂以外)的抬升幅度不大，冲积扇不发育，一定时期河流注入盆地的碎屑物并不丰富，因而覆水较浅的湖泊盆地在相当大的范围内逐渐沼泽化，尤其是盆缘至盆地中心的过渡区内有利于进一步发展成为泥炭沼泽。随着盆缘断裂活动加强，盆地水域扩张，聚煤中心向盆缘迁移。图3为低水位期两个小层序的砂体和煤层厚度图，可以看出，低位期早期，聚煤作用在盆地大范围内发生，而晚期聚煤中心已开始向盆缘区迁移，预示着盆地扩张期的到来。在萎缩期，聚煤作用仅在盆地局部区发生，盆缘及过渡带为冲积体系沉积，在盆地萎缩直到废弃阶段，盆地中心才有沼泽形成，但聚煤作用较弱，一般没有形成具开采价值的煤层。如煤3，位于层序顶部，在平面上仅在盆地中心部位有限的区域发育。上述这种聚煤作用迁移规律，即由盆地过渡带—盆地中心向盆缘区迁移，而后再向盆地中心迁移的规律，反映了盆地演化的特点和阶段性，可以认为一个完整的构造—沉积旋回形成了一个完整的层序。

黄县盆地聚煤作用另一个显著特点是煤与生油岩共生在一起，多数情况是煤层底板为油页岩或含油泥岩，有的煤层顶板亦为油页岩或含油泥岩，如煤1，顶底板层皆为含油泥岩或油页岩，油页岩和含油泥岩中富含动物化石和炭质。这说明盆地覆水深度有一定的振荡性变化，沼泽及泥炭沼泽与滨浅湖环境交替频繁，这也是黄县盆地成矿作用的一个基本特色。

不同体系域发育的煤层的硫含量，也反映出了盆地成煤环境的变化。低位体系域煤层(如煤1、煤2、煤4)中硫份含量由盆缘区向盆地中心区呈现由低到高的变化，盆缘区为低硫或特低硫煤(硫份含量 $< 1\%$ ，向盆地中心过渡为中硫煤(大于 2%)，至盆地中心为富硫煤(大于 3%)。这反映了盆地在低水位期成煤环境从盆缘至盆地中心的微环境内分带变化。而在扩张体系域，煤层(如煤上1、煤上2)硫分含量均较高，为富硫煤，说明扩张期盆地水体深度加大，短暂的成煤阶段很快由于盆地水体扩张而结束，泥炭比较一致地处于还原环境下被保存下来。萎缩体系域形成的煤层含硫分低，为低硫煤，这与萎缩期尤其晚期泥岩沼泽不发育、不利于成煤有关。



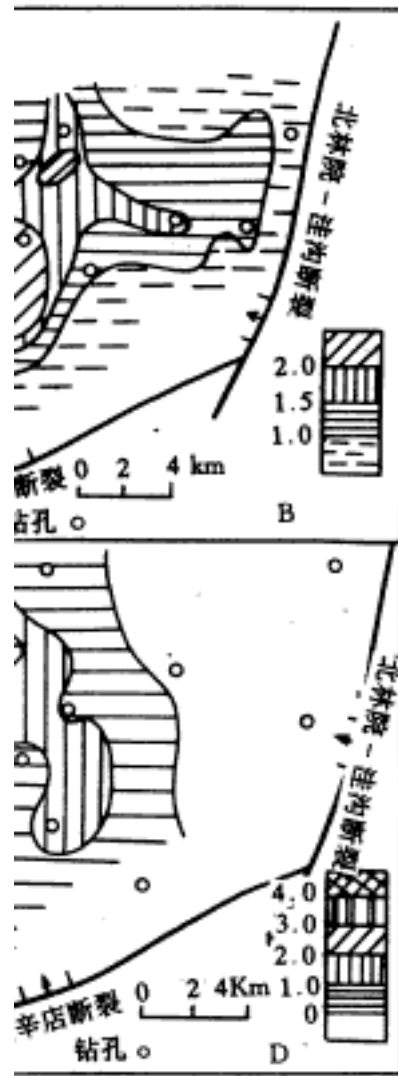


图3 层序 低水位体系 域砂体和煤厚图

A.煤1~煤2间砂体厚度图；B.煤1厚度等值线图；C.煤2~煤3间砂体厚度图；D.煤2厚度等值线图

Fig.3 map of the thickness of sandstone and coal seam in the Lo wstand Systems Tracts in S

3 断陷盆地的密集段

密集段(condensed section)是层序中的关键层位，识别和确定密集段也是层序划分中难度比较大的工作。陆相断陷盆地层序地层分析中密集段的确定难度更大，目前尚未有可供借鉴的模式。我们认为，黄县断陷盆地充填沉积中的油页岩层位可能是该盆地层序中的密集段。据研究，油页岩或含油页岩中含有大量动物化石及其碎屑，层位分布在低水位体系域的顶部、盆地水域扩张面(相当于水进面)之下，在黄县断陷盆地中很有规律。而且这也是一个重要的成矿层位。在本次划分层序和进行盆地充填特征分析中将其作为层序的密集段，通过全盆地范围对比、追踪，以及进行成因地层单元划分和重建体系域，该层位起到了关键作用。

4 结论

通过对黄县断陷盆地进行层序地层分析、重建沉积体系域和进行煤聚集规律分析,获得下列认识:

(1)黄县断陷盆地的盆缘断裂构造活动控制着盆地充填沉积和演化,构造为断陷盆地层序形成的主控因素;

(2)盆地沉积充填具有构造—沉积旋回特点,一个完整的构造—沉积旋回形成一个层序,层序具有低水位体系域、扩张体系域和萎缩体系域三元结构;

(3)盆地演化中,扩张和萎缩是盆地整体性变化的表现,扩张期和萎缩期形成了各具特征的沉积序列;

(4)盆地低水位期成煤作用最强,而随着盆地的演化,聚煤作用中心发生有规律的迁移,这种规律与盆地构造—沉积旋回相吻合;

(5)油页岩或含油泥岩可能是黄县断陷盆地层序中的密集段。

致谢:研究工作得到龙口矿务局领导和技术人员的大力支持,邹德山高级工程师、魏兴山高级工程师以及地质处提供了大量资料,山东煤田地质局单松炜工程师提供帮助,金秀昆同志参加了部分研究工作。在此一并表示衷心感谢!

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

第一作者简介 李增学 男 1954年出生 教授 博士 层序地层学 煤田地质学

作者单位:李增学 魏久传 李守春(山东矿业学院 山东泰安 271019)
兰恒星(中国科学院地质研究所 北京 100029)

参考文献

[1] Lambias J J.A Model for Tectonic Control of Lacustrine Stratigraphic Sequences in Continental Rife Basins [A] .In:Barry J K,ed.Lacustrine Basin Exploration [C] .AAPG Memoir 1991,50:265 ~ 276

[2] Schlische R W.Half-graben Basin Filling Models:new constraints on continental extensional basin development [A] .In :Basin Research,1995,3:123 ~ 141

收稿日期:1998-01-08