

事件性海侵与煤聚积规律 ——鲁西晚石炭世富煤单元的形成

李增学 李守春 魏久传

(山东矿业学院)

[内容提要] 华北晚古生代内陆表海大型聚煤盆地的极平坦的地势是煤聚积的良好场所,而事件性海侵为泥岩沼泽发育及泥炭迅速得以保存最终形成煤层提供了条件。研究表明,石炭二叠纪煤系中可识别出若干个重要的事件性海侵层,研究这些海侵层的形成,对探明富煤单元的分布具有重要的实际意义。本文讨论了事件性海侵与富煤单元形成及分布的成因联系,应用层序地层学理论和方法,分析了鲁西煤田煤聚积规律。

关键词 事件性海侵 富煤单元 石炭二叠系 鲁西煤田

海侵、海退是地质学的古老的基本概念。自从莱伊尔的现实主义原理问世以来,人们一直坚持对现代海湾过程进行观察,以期建立海侵、海退的基本模式。基于这些观察,将所谓的“海侵”定义为“海水逐渐地,一般来说也具缓慢地浸到陆上的一种地质过程”,反映在沉积物的分布规律上,可以看到海相沉积物由海及陆的各相带依次向陆方向超覆,在纵向上则表现为自下而上由陆向滨海相、浅海相过渡的序列。海退则表现为海水的逐渐退却或陆地环境依次向海盆推进,在纵向序列上由下而上可以看到由浅海相变为滨海相再变为陆相的相变关系。

海侵、海退是最基本的地质现象。晚石炭世华北为一大型内陆表海型聚煤盆地,沉积了一套海陆交替相含煤地层(韩德馨、杨起,1980),海平面变化为主导控制因素,而海侵、海退与盆地演化及泥炭沼泽发育具有成因上的密切关系。研究海侵特点及富煤单元的分布具有重要的理论和实际意义。

1 晚石炭世的海侵事件

海侵、海退有两种基本类型,即普通的超覆和不连续的海侵。前者是由下而上沉积物由粗变细或由滨岸沉积逐渐过渡为浅海相乃至较深海相的渐进型序列;后者是突然侵漫式的海侵沉积,相序上有明显的不连续现象,见不到海水逐渐侵进的沉积记录。这后一种海侵现象标志着一种快速突发的海水侵漫事件,因而被称为事件型海侵或突发型海侵。两种海侵发生于不同的地质环境:渐进型海侵一般发生在海平面缓慢上升的开阔海边缘,事件型海侵一

①国家自然科学基金资助项目,编号:49272122。

②本文1994年4月10日收稿。

般发生于岛屿环绕的受限陆表海。

事件型海侵是快速倒灌式的,具有以下特点(据何起祥等,1991):时间上的连续性和相序上的不连续性,常见到海陆频繁交替,而期间并无侵蚀间断,也常见到形成深度不同的沉积物直接接触。海相层一般为单一的同性相,分布面积广、横向稳定,除底部地形起伏引起相变外,一般无明显的相变。海侵层在时间上具有极好的等时性,既是同性相又是等时相,因此可以作为地层对比的标志层。

在华北晚石炭世含煤地层中,常见到浅海相灰岩大面积直接覆盖在陆相沉积物上,与下伏沉积物之间存在明显的相序不连续现象,而不是海相沉积逐渐增加的渐进序列,例如鲁西地区上石炭统的十二灰与19煤、十一灰与17煤、十灰与16煤、九灰与15煤、八灰与14煤、七灰与12煤、六灰与11煤和三灰与7煤等,均是海相石灰岩直接覆盖于煤层之上。而对上述煤层进行煤岩、煤质及微量元素分析,对其底板岩石组成、古生物化石组合等分析表明,煤层并非海相成因,而是潮坪或潟湖淤浅沼泽化或障壁岛后沼泽成因,泥炭得以保存是由于突发性海侵造成水体突然变深而处于还原环境。因此,海相层有极佳的等时性,海侵表现出“突发性事件”的特点。图1为太原组下部第十层灰岩与第16号煤层的接触关系,其间为一突发性海侵事件界面,该界面可在全山东地区及以南(徐州煤田、两淮煤田)追踪对比。

2 晚石炭世沉积体系演化与海平面变化

在进行晚古生代内陆表海盆地层序地层分析^①的同时,详细地研究了含煤地层沉积体系类型及其演化。

2.1 主要沉积体系类型

沉积体系是成因上相关联的相的三维空间组合体,它记录了盆地的主要古地理单元。沉积体系域的重建已成为高精度沉积盆地古地理编图的基础(Brown和Fisher,1977),其方法体系强调沉积体三维形态与共生关系。由于沉积体系研究要求三维空间追索,因而其难度和工作量要比垂向层序分析法大得多。根据对石炭二叠系成因相(genetic facies)的识别及对其配置关系的研究表明,山东地区石炭二叠纪含煤岩系可划分出四大沉积体系:潮坪沉积体系、障壁岛-潟湖沉积体系、河控浅水三角洲沉积体系和河流-湖泊沉积体系。

2.1.1 潮坪沉积体系

潮坪沉积体系是研究区内海陆交替型含煤岩系中比较重要的沉积体系类型。潮坪是由几乎没有什么特征的平原组成,它被潮道和潮沟网所切割。研究区内的潮坪多是在有障壁的局限陆表海条件下形成,其主要成因相:泥坪、砂泥混合坪、砂坪、潮汐水道、潮汐砂脊、潮坪沼泽和泥炭沼泽等。对晚石炭世潮坪沉积体系成因相及其内部构成分析可以看出,在潮汐流作用的沉积组合中,主要沉积单元为潮道充填和潮道间潮坪沉积,潮坪的弱进积作用形成向上变细的、生物扰动向上增强的沉积组合序列,潮道沉积被覆盖。有时潮坪沉积完全被潮道组合所代替(活动潮坪),有时潮坪沉积组合序列中缺少潮道沉积(不活动潮坪)。潮坪沉积体系中出现最多的砂体为潮汐砂脊,这类砂岩形成于低能的水动力环境,较障壁砂体和潮道砂岩的成熟度要低,主要由于潮汐流的往复式作用形成,较低平,其间相隔距离较大。由于华北晚古生代内陆表海基底地势较为低平,所以潮汐砂脊可能具有面状分布的特点。

① 李增学等,1993,山东及邻区石炭二叠纪含煤地层的层序地层样式研究报告。

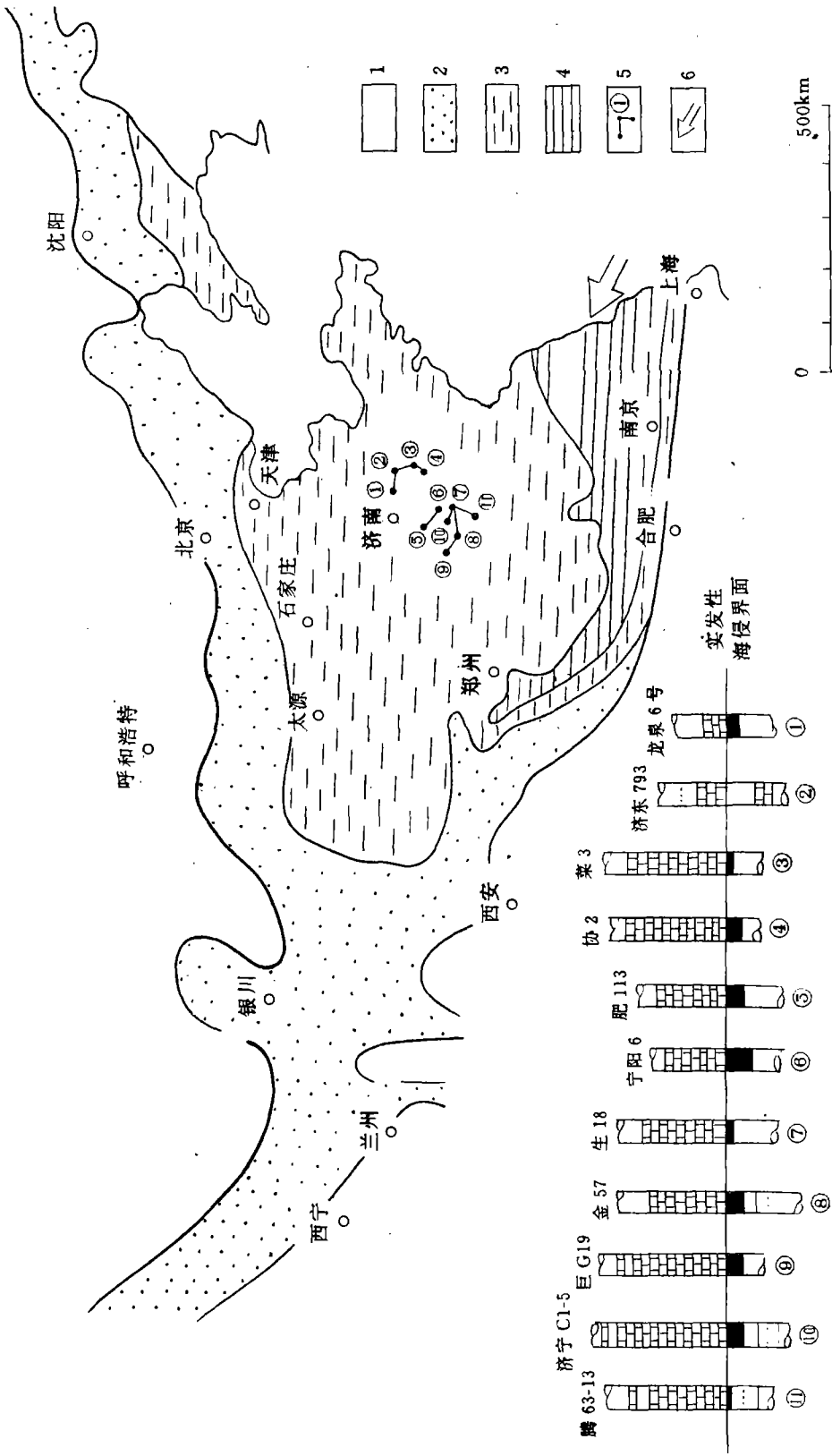


图 1 华北晚石炭世太原期岩相古地理(A)(据王煦曾等修改,1992)和海侵层与煤层关系示意图(B)

1. 剥蚀区; 2. 陆相; 3. 海陆交替相; 4. 浅海相; 5. 钻孔位置及顺序号; 6. 海侵方向。

Fig. 1 Sedimentary facies and palaeogeographic map of North China during the Taiyuanian (Late Carboniferous)

(A) (modified from Wang Xizeng et al., 1992) and schematic diagram showing the relationship between transgressive horizons and coal seams (B)

1 = denuded area; 2 = continental facies; 3 = alternating marine and continental facies; 4 = shallow marine facies; 5 = borehole; 6 = transgression direction

2.1.2 障壁岛-潟湖沉积体系

在受限内陆表海条件下,障壁岛和潟湖是两个密不可分的环境单元,构成一种复合的沉积体系类型。其主要成因相有:障壁砂坝、障壁坪或滩、主潮道、潮汐三角洲、潟湖、潟湖沿岸潮坪、潮坪沼泽及泥炭沼泽等。潮汐三角洲实际上是一种成因相的组合,在垂向层序上可以识别出四个基本组成单位,自下而上依次为混合坪、砂脊(或砂坝)、潮道(或潮沟)、潮坪(混合坪或泥坪),其底部通常为潟湖沉积,顶部为潮坪沼泽或泥炭沼泽。

障壁岛后沼泽、潟湖沿岸潮坪带的沼泽化,以及潟湖淤浅潮坪沼泽化,为煤聚积创造了有利的条件。但所形成的煤层不如潮坪体系所形成的煤层稳定,侧向上有时过渡为碳质泥岩。

2.1.3 河控浅水三角洲沉积体系

研究区河控浅水三角洲发育在水体较浅的内陆表海盆地背景下,由于海平面升降变化、盆地基底构造沉降活动等控制了三角洲的发育规模和演化,所以三角洲体系整体演化过程中支间沼泽的发育程度,以及沉积体系废弃阶段的持续时间是泥炭聚积直至最终成煤的最重要因素。在晚石炭世晚期和早二叠世早期,华北聚煤盆地以北高南低总地势为特点,海水逐渐南退,浅水三角洲曾出现两次废弃阶段,形成具有重要开采价值的煤层。区内三角洲的沉积特点和成因相构成基本符合 Donaldson(1974)总结的浅水三角洲沉积体系的构成特点,但由于上下三角洲平原间的过渡部分界线不清,所以在山东地区可划分出两大成因相组合:上三角洲平原组合和下三角洲平原组合。主要成因相有:分流河道、废弃分流河道、天然堤、决口扇、分流间湾、分流间沼泽、堤外越岸沉积、分流河口砂坝、水下分流河道、远砂坝和前三三角洲泥等。其中三角洲平原发育而三角洲前缘和前三三角洲则不太发育。三角洲平原中的分流河道十分发育,分支频繁,分流河道常切割前期的沉积或直接与其他环境的沉积物相接触。

2.1.4 河流-湖泊沉积体系

此为海陆交替含煤地层的上覆沉积体系,属陆相沉积。其成因相类型较为复杂,既包括了河流沉积体系的主要成因相,又包括了湖泊沉积体系的成因相,还包括一些河流与湖泊体系间的过渡型成因相类型。但由于在山东地区含煤岩系上部地层剥蚀严重,保存甚少,所以本次研究未将其作为重点。识别出的成因相主要有:滞留沉积、越岸沉积、边滩、堤岸、河道充填、决口扇、河漫滩、河漫湖泊、洪泛平原、河漫沼泽、浅湖和深湖沉积等。

2.2 沉积体系演化与海平面变化

通过对晚古生代内陆表海盆地层序划分及建立等时地层格架,将海陆交替型含煤地层划分出三个Ⅲ级层序,图2为层序Ⅰ及其体系域单元构成剖面。层序Ⅰ为典型的海陆交替型含煤层序,主要沉积体系类型为障壁-潟湖沉积体系和潮坪沉积体系,所发育的多层薄层海相层和多层薄煤层,其层位和分布较为稳定,常作为地层对比的基准,也是划分体系域单元和进行区域追踪对比的重要依据。

2.2.1 沉积体系演化

根据事件性海侵界面和大面积泥炭化事件界面的出现位置,将层序Ⅰ划分出7个体系域单元(或称小层序),其中SⅠ1(见图2)为海进体系域单元,SⅠ2—7为高位体系域单元。

SⅠ1单元是在海进期沉积的,主要沉积体系类型为潮坪沉积体系,在一次全盆地性的突发性海侵事件之后,海水开始振荡性的缓慢退却。高位期的六个单元是在Ⅲ级海平面下降

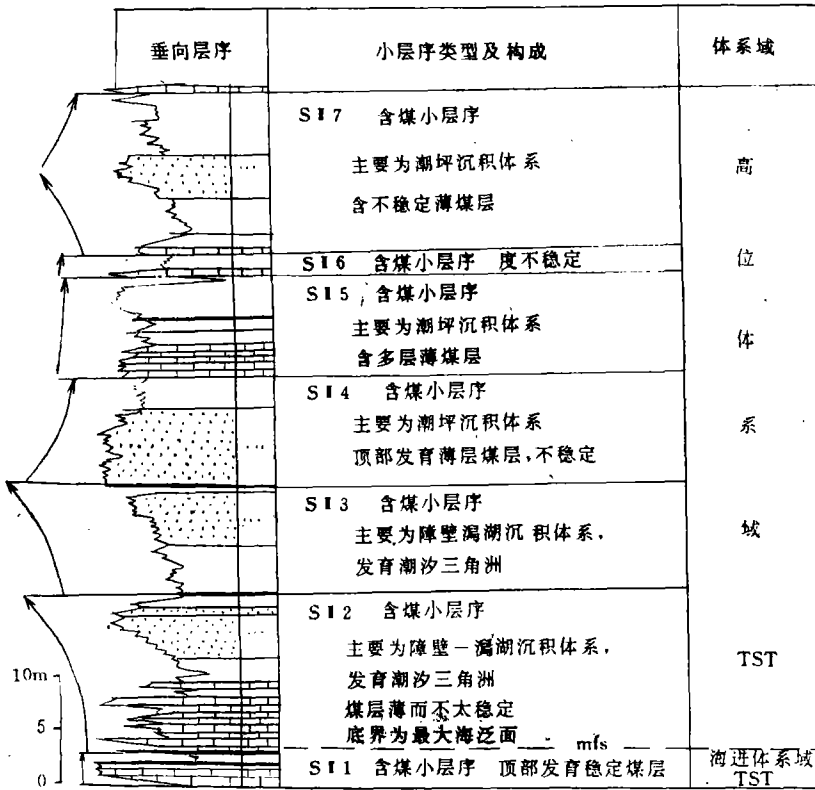


图 2 层序 II 体系域单元构成剖面

Fig. 2 The architecture of the systems tract units in sequence II

期间形成的,海水在总的退却中发生低级别高频变化,是控制体系域单元形成的主要机制。早期的沉积体系自南而北各沉积单元分布格局较清楚,盆地东南缘为障壁岛,鲁西南为潮汐三角洲,山东北部(新汶、肥城、淄博一带)为潟湖-潮坪。中晚期则主要为大型潮坪沉积体系,并分布有潟湖,潮道、潮沟呈网状分布,以潮汐流作用为主。由于源区相对稳定,在七次充填过程中,沉积体系的发育在垂向上具有继承性。

2.2.2 晚石炭世海平面变化特点

晚石炭世海平面变化具有周期性,那么地层记录就必然留下旋回性特征,空间上的旋回性表明时间上的旋回性(但地层记录中的旋回性的缺乏并不表明时间上旋回性的缺乏)。Miall 提出了“旋回中的旋回”(cycle with cycle),即由于受不同制约的因素的影响,地层的旋回性具有不同的级次,而且相互叠加,最终反映出不同级次相互叠加的海平面变化周期。Goldhammer (1990, 1991)称之为“复合海平面变化旋回(cycle of composite sea-level change)”。华北陆表海环境沉积地层是由一种较薄的向上变浅的旋回性序列组成,其分界面是由地史上瞬时的相对海平面上升形成的间断事件产生的,紧接着则是一种均衡的堆积过程。

华北晚石炭世内陆表海海平面变化具有两大特点:一是海侵具突发性事件性质;二是海平面的高频变化。突发性海侵是控制煤聚积的重要因素,而海平面高频变化控制了沉积体系演化和盆地沉积特点,如成因相在时间和空间上的频繁交替,海侵层与泥炭层的相伴出现等

都是有力证据。

3. 事件型海侵与富煤单元的形成

前面已述,海侵与泥炭层的出现总是密不可分,表明海侵作为一种特殊事件与陆表海盆地煤聚积具有成因上的联系。现以层序Ⅱ的SⅡ1单元为例,简论海侵事件与富煤单元形成的关系。

SⅡ1单元(图3)为层序Ⅱ海进体系域唯一的一个单元,其垂向层序构成较为简单,主要由泥质岩和中细粒砂岩层组成,总厚变化于6m至14m之间,砂岩层一般出现于单元的中部,自下而上由向上变粗又变细的次级序列构成,煤层位于单元的顶部,上覆厚层灰岩。

根据体系域单元沉

积断面(图4)和砂分散

体系平面图(图5),在

鲁西地区砂分散特征与

煤聚积具有密切关系。

经对比分析可以看出,

富煤单元分布在砂岩层

变薄区和零区,即砂岩

厚处煤层薄,呈明显的

互为消长的关系,且总

的分布轮廓基本一致。

这表明沼泽化潮坪体系

中的潮汐水道活动较强

的部位不利于成煤。通

过全区对比,富煤单元

具有由南而北,由东而

西逐渐分布的特点,表

明成煤条件是随着海水北侵而由南往北变好,即SⅡ1单元的煤层是在一种弱退积背景下形成的,下部成因相的变化对煤的聚积有较大影响。SⅡ1单元为层序Ⅱ的主要含煤单元,煤层是在海侵背景下形成的。海侵发生前,研究区为一大型潮坪沉积体系,且普遍沼泽化。随着海侵开始并由南而北推进,南部沼泽环境受到影响,而北部沼泽却继续发育,因而北部泥炭沼泽的发育时间较南部长,从而形成厚度较大的可采煤层。紧接着发生大面积突发性海侵,泥炭处于还原环境,最终导致厚层灰岩直接覆于煤层之上。

从以上分析表明,海平面变化不仅控制了华北晚古生代内陆表海盆地沉积体系演化和盆地充填特征,突发性的海侵事件还控制了煤的聚积及富煤单元的形成与分布。

致谢:研究工作是在中国地质大学李思田教授、李祯教授的指导下完成的,在此向两位老师表示衷心感谢!

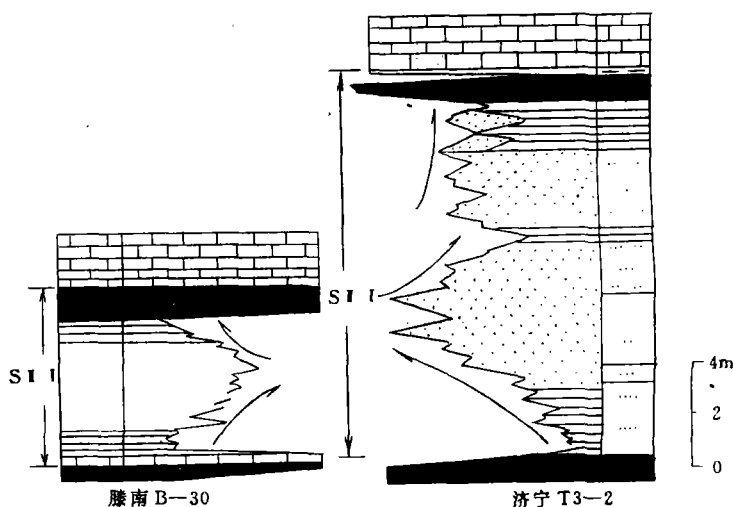


图3 层序Ⅱ SⅡ1单元垂向层序

Fig. 3 Vertical sequences of Unit SII1 in Sequence II

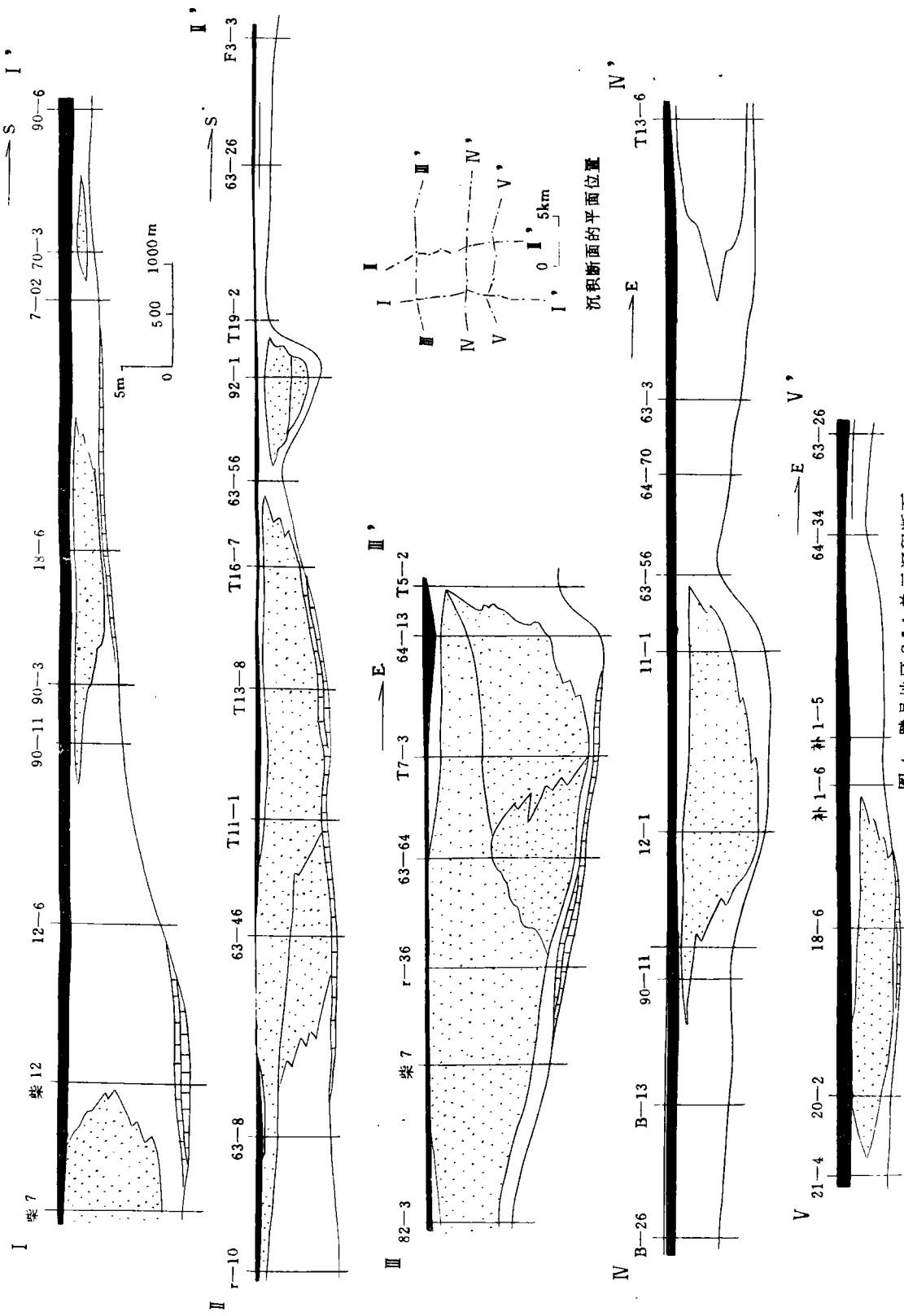


图 4 滕县地区 SIII 单元沉积断面
Fig. 4 Depositional sections of Unit SIII in Sequence II in the Tengxian region

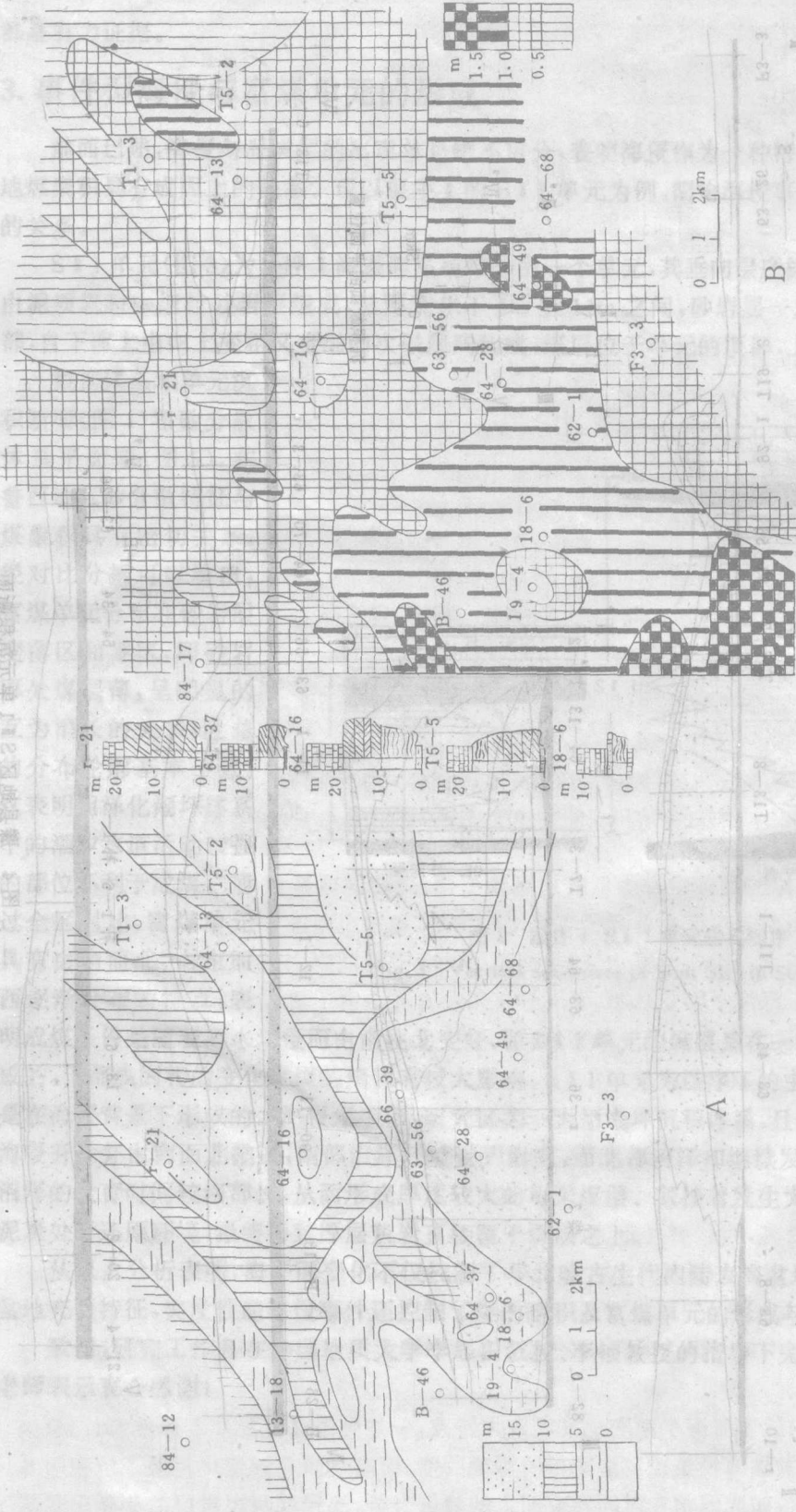


图 5 滕县地区 S I I 单元砂岩厚度 (A) 和煤层厚度 (B) 图
Fig. 5 The sandstone thickness (A) and coal-seam thickness (B) of Unit SIII in
Sequence II in the Tengxian region

参 考 文 献

- 何起祥等 1991, 受限陆表海的海侵模式, 《沉积学报》第一期 1—10 页。
- 李思田, 1992, 论沉积盆地分析系统, 《地球科学》, Vol. 17, 31—39 页。
- 李思田等, 1993, 含煤盆地层序地层分析的几个基本问题, 《煤田地质与勘探》第四期, 1—9 页。
- 韩德馨、杨起, 1980, 中国煤田地质学(下册), 煤炭工业出版社。
- Diesael, C. F. K., 1992. Coal-bearing depositional systems: Coal formation and sequence stratigraphy, pp. 462—514.
- Van Wagoner J. C. et al., 1990. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops: concepts for high-resolution correlation of time and facies. AAPG Methods in Exploration Series, No. 7, pp. 1—55.
- Mitchum R. M. and Van Wagoner, J. C. 1990. High-frequency sequences and their stacking patterns, sequence-stratigraphic evidence of high-frequency eustatic cycles. Sedimentary Geology, Vol. 69, No. 213, pp. 131—160.
- Schlager, W. 1991. Depositional bias and environmental change—important factors in sequence stratigraphy. Sedimentary Geology, Vol. 70, No. 214, pp. 109—130.

EPISODIC TRANSGRESSIONS AND COAL ACCUMULATION: AN EXAMPLE FROM THE LATE CARBONIFEROUS COAL-RICH UNITS IN THE WESTERN SHANDONG COALFIELDS

Li Zengxue Li Shouchun Wei Jiuchuan
Shandong College of Mining Science and Technology

ABSTRACT

The extremely gentle slope of the large coal-accumulating basins in the Late Palaeozoic epicontinental seas in North China is believed to be good sites of coal accumulation. The episodic transgressions of sea water, in turn, have provided favourable conditions for the development of peat swamp and the preservation of peat. The results in this study show that many important episodic transgressive horizons may be recognized in the Carboniferous—Permian coal measures. The study of the formation of these transgressive horizons is advantageous to the exploration of the distribution of coal-rich units. In this paper, the authors discuss the genetic relationship between the episodic transgressions of sea water and the formation and distribution of coal-rich units, and the coal accumulation in the western Shandong coalfields with the aid of the theory and method of sequence stratigraphy.

Key words: episodic transgression, coal-rich unit, Carboniferous—Permian, western Shandong coalfield