

霍县矿区石炭二叠纪含煤岩系沉积环境探讨

黄操明 周绮峰*

(山西矿业学院)

内容提要 本文阐述了霍县矿区石炭二叠纪含煤岩系的岩矿、构造、砂岩粒度分布、微量元素、测井曲线、砂体与煤层形态等特征,据此作了沉积环境分析。本溪组主要为泻湖-潮坪沉积,太原组属下三角洲沉积为主,山西组以上三角洲沉积为主。煤层与下伏砂体的较厚带的空间分布有迭置与错位两类关系。这种关系不但对煤田的普查与勘探能起指导作用,还是一种鉴定沉积环境的新标志。

主题词 沉积环境标志 环境分析 聚煤规律 霍西煤田

第一作者简介 黄操明 男 54岁 教授 沉积学及沉积环境

霍西煤田霍县矿区属于华北地台石炭二叠纪聚煤盆地的一部分,位于山西省中部。本研究区范围约1200平方公里。含煤地层有中石炭统本溪组、上石炭统太原组与下二叠统山西组,煤系厚127m,共含煤16层(图1)。

一、环境标志

(一) 岩矿特征

1. **砂岩** 本区含砂岩共13层(图1)。除第一岩段的透镜状砂岩与第二岩段K₁砂岩、11号煤下砂岩为石英含量达91—99%的石英砂岩外(图版I, 1),其它均为杂砂岩,如长石石英杂砂岩及岩屑石英杂砂岩等。砂岩成分从老到新渐趋复杂, Q/F + R值变小,杂基含量增加,分选与磨圆也变差,尤其在11号煤上下更为明显,反映了形成时海岸线不断远离本区,海洋的簸选作用减弱甚至消失,河流作用逐渐加强,最后成为河控为主的条件下的砂体沉积(图版I, 2)。

2. **泥岩** 主要由粘土矿物组成,均采用差热法及X射线衍射法分析,结果发现,粘土矿物主要为水云母和高岭石,其相对含量由老到新也有渐变趋势。11号煤层下之泥岩,其水云母常多于高岭石;11号煤层以上则高岭石常多于水云母,尤其是山西组的泥岩。据文献报道,高岭石一般形成于酸性介质,在陆相环境中较多见;水云母则形成于

*刘善印、程东、高强、杜润才、李和平、赵省民、康华、刘泽健、王冬辉、武雁玲参加了野外工作及部分室内工作

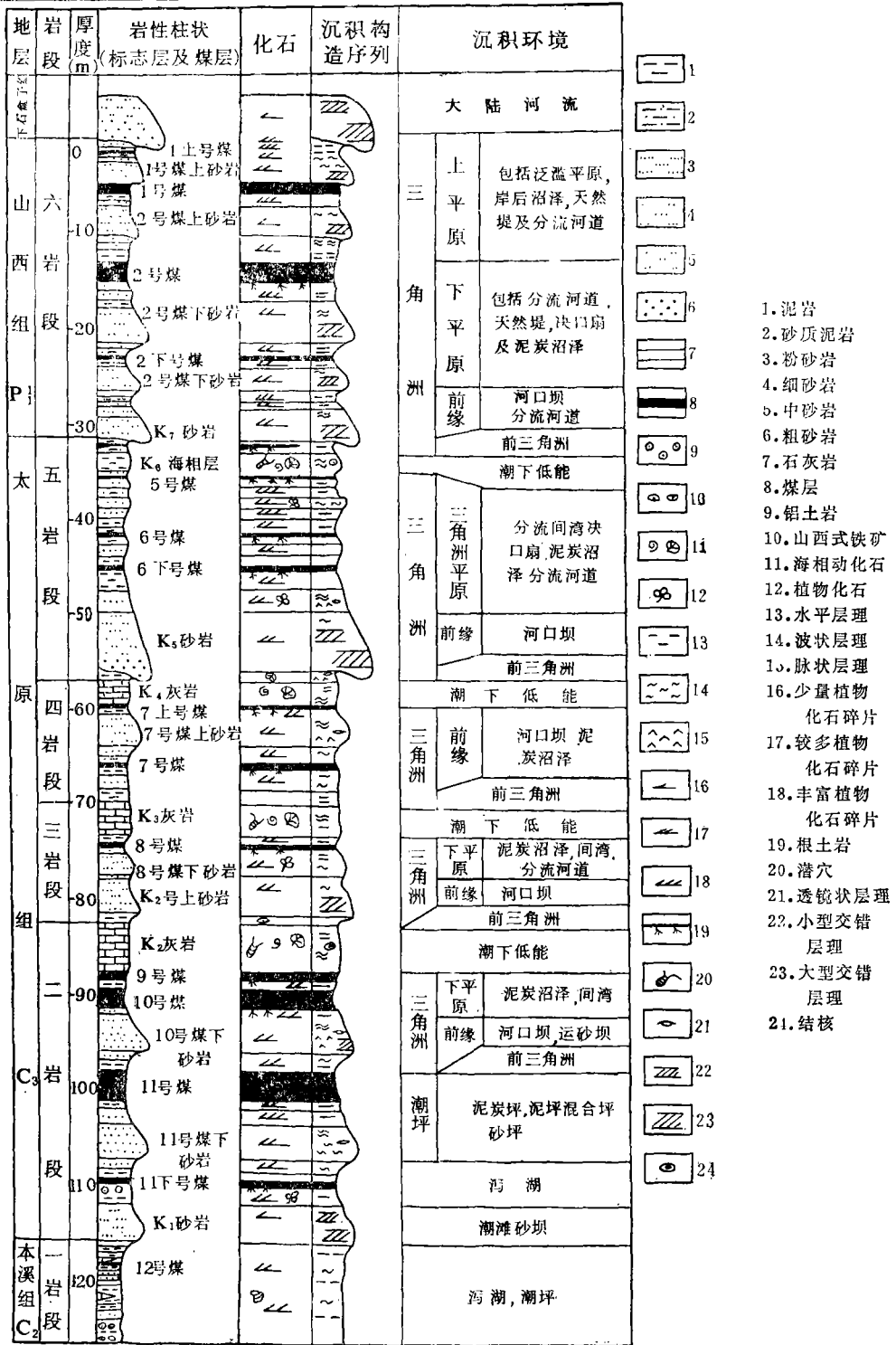


图 1 霍县矿区含煤岩系环境参数及沉积环境划分图

Fig. 1 Environmental parameters and sedimentary environments of coal-bearing formation in region of county Huo, Huoxi coal basin

碱性介质,在海相环境中较多。因此,本区的粘土矿物成分由老到新,也反映海洋影响逐渐减小,而大陆影响逐渐增强。

3.碳酸盐岩 多为含生物碎屑泥晶灰岩、生物碎屑泥晶灰岩,少数为生物碎屑灰岩,色多暗,块状至水平层理为主,说明形成时环境能量较弱,为潮下低能带产物。

(二) 构造特征

常见的主要是层理、冲刷构造、虫孔及生物扰动构造、结核等。

层理

(1)板状交错层理 是在单向水流作用下,由沙浪移动形成的,代表较强水流。大部分粗、中、细粒砂岩都有这类层理(图版 I, 3)。本类层理由老到新出现的频率增加,其细层与层系厚度也变大,反映水动力能量由老到新渐趋增强。

(2)沙纹交错层理 在单向水流作用下由沙纹迁移形成,反映水流较弱。本区部分砂岩及多数粉砂岩与粉砂质泥岩具此层理(图版 I, 4)。其出现频率则为下部高而上部低,又一次反映水动力能量由老到新渐趋增强。

(3)波状、透镜状及脉状层理 常出现在细砂岩、粉砂岩、泥岩或石灰岩内,反映水动力的强弱时有更替,可能与河流的洪水、平水或潮汐作用有关(图版 I, 5)。

(4)水平层理 出现在泥岩、粉砂质泥岩及灰岩内,常因颜色变化、成分不同或化石碎片定向排列而显现,反映水动力极其缓慢微弱,如前三角洲及分流间湾等环境(图版 I, 6)。

(5)平行层理 为水平状的砂质纹层相互平行的层理,代表高流态($Fr > 1$)的水动力条件,仅在 K_2 上砂岩、 K_5 砂岩中见到。

(6)砂泥互层层理 水平或近于水平的砂质与泥质层相间成层,由水动力的周期性变化而形成(图版 I, 7)。

(7)块状层理 岩石均一块状,实际上无层理,多数煤层的底板泥岩、岩段下部泥岩及灰岩内常见,代表极弱的能量条件,也可能是微生物破坏原生层理形成。

(8)粒序层理 是以粒度递变为特征的一种层理,在1号煤上的粉砂岩及 K_7 砂岩中见到(图版 I, 8)常为正粒序,为水流强度逐渐减弱的产物,见于分流河道、边滩及天然堤沉积中。

(9)变形层理 呈现为纹层强烈弯曲褶皱,是在迅速堆积的沉积物中因液化作用形成,也可能由水下滑动或拖曳而成,主要出现在沉积物迅速堆积的地区,如河口沙坝及远沙坝(图版 I 9)。

冲刷构造

主要出现在分流河道及决口扇沉积物中,底部常存在泥砾,说明水动力较强(图版 I, 10)。

虫孔及生物扰动构造

出现在沉积速度较缓慢的细碎屑岩及泥岩中,反映水动力微弱的环境(图版 I, 11、12)。

(三) 砂岩粒度分布特征

对采自不同层位的54块砂岩样品进行薄片粒度分析,并对薄片效应及杂基含量进行

了校正, 编制概率累积曲线, 发现本区曲线可划分为六种类型: 分流河道型, 河口砂坝型, 潮滩砂坝型, 潮坪型, 大陆河流型及决口扇型, 它们都可与G.S.Visher(1969)和R.P.Glaister等(1974)的典型曲线相对比。

(四) 微量元素特征

据183个光谱分析结果发现, 含煤地层含有下列微量元素: Cu、V、Zr、Co、Sr、Cr、Ni、Mn、Ga、Ti、B、Ba、Y、Yb、Pb等, 而且随时代由老到新, 微量元素含量出现规律变化, 其中Sr、Ba及Sr/Ba更为明显, 从C₂→C₃→P₁, Sr值(平均)由0.1→0.08→0.0183递减, Ba值(平均)由0.01→0.017→0.026递增, 故Sr/Ba值亦由10→4.71→0.703明显减少, 反映从C₂经C₃到P₁海洋作用逐渐减弱, 介质环境从正常海洋的咸水或半咸水占相当比例的浅海、滨海、滨岸, 渐变为河流控制的淡水或少量半咸水环境。

(五) 测井曲线

测井曲线近来在环境分析中愈来愈受到重视, 证明是环境分析的一种有用标志。主要采用了视电阻率曲线, 经分析对比可识别出五种与环境有关的曲线类型: 箱形, 漏斗形, 钟形, 菱形及突变接触。

(六) 砂体与煤层形态及其分布

经55张砂体与煤层等厚线图的系统分析对比, 笔者认为, 按地层层序逐层编制主要砂体与煤层等厚线图可为环境分析提供重要信息, 有时甚至可起决定性作用。如本区8号煤下砂体呈明显的向北东分叉, 其上的8号煤的分布几乎与砂体重合, 说明砂体应属分流河道沉积, 在河道改道后的废弃河道中发育了泥炭沼泽。1上号煤与下伏的1号煤上砂体亦有这类特征。

二、主要层段的岩性及沉积环境划分

经各岩段岩性特征及沉积环境标志分析, 笔者认为本区的本溪组属泻湖-潮坪沉积, 太原组属下三角洲沉积, 山西组以上三角洲沉积为主。太原组的K₁砂岩底至K₂灰岩底是泻湖-潮坪向三角洲环境的过渡段, K₂灰岩底至K₃顶以下三角洲平原沉积为主, 而K₃顶至K₄底以上三角洲平原沉积为主, 其下部属下三角洲平原向上三角洲平原的过渡段, 而上部已明显显示河流的控制, K₄砂岩纯属大陆河流沉积。

(一) 潮坪-泻湖环境沉积

太原组下部K₁砂岩底至11号煤底, 主要在潮汐作用下沉积形成, 由潮滩沙坝、泻湖、潮坪环境的沉积组成。

1. 潮滩砂坝沉积 K₁砂岩为该环境的产物, 为灰白色中细粒石英砂岩, 石英碎屑>95%, 杂基极少, 分选好, 圆度中等, 簸选作用充分, 硅质胶结为主, 顶底部粒度较细, 中部较粗, 具板状交错层理及波状层理, 概率曲线具潮滩砂坝特征(图1)。

2. 泻湖环境沉积 主要由灰至暗灰色泥岩, 铝质泥岩或含粉砂泥岩组成, 具水平、水平波状或块状层理, 富含植物化石碎片。Sr/Ba、B/Ga、V/Zr值对铝质泥岩相应为“很大”: 1: 1, 对一般泥岩为0.34: 1: 1。它们发育在K₁砂体上, 而11下号煤层则由泻湖沼泽化形成(图1)。

3. 潮坪沉积 以砂坪为主, 又发育泥坪和少量混合坪。11号煤下砂岩为本环境主要沉积体, 为灰白色细粒石英砂岩, 石英碎屑 $>95\%$, 基本无杂基, 硅质胶结, 圆度好, 分选好, 整层结构均匀, 具小型板状交错层理及微波状层理, 测井曲线呈箱形, 概率曲线具潮坪特征(图1)。

(二) 三角洲环境沉积

三角洲沉积体系各次级单元沉积, 在本区都有发育(图1)。

1. 前三角洲沉积 11号煤层顶板属此环境沉积, 主要为暗灰至黑色泥岩、含粉砂泥岩, 具块状或水平层理, 富含炭质或有机质, 少量植物化石碎片。Sr/Ba、B/Ga、V/Zr值分别为0.5—2, 0.75—0.65, 0.5—0.7。

2. 三角洲前缘沉积 包括远砂坝、河口砂坝沉积。

(1) 远砂坝 常为前三角洲泥质岩层上覆沉积, 为粉砂岩、泥质砂岩、粉砂质泥岩或砂泥岩薄互层, 具水平砂泥互层及脉状层理, 含植物化石碎片及生物钻孔。

(2) 河口砂坝 为11号煤至10号煤间及 K_6 灰岩至7上号煤间的主要砂岩层, 由细至中细粒砂岩或夹粉砂岩薄层的细砂岩组成, 石英含量平均达75%, 多钙质胶结, 粒度由下往上变粗, 为逆粒序, 常具板状交错层理及波状脉状透镜状层理, 概率曲线具河口砂坝特征(图1)。

3. 三角洲平原沉积 包括分流河道、分流间湾及泛滥平原沉积。

(1) 分流河道 K_6 、 K_7 、2号煤下砂岩为分流河道沉积, 多为中粗或中细粒砂岩, 成分较杂, 底部常见下伏细碎屑岩的砾石及冲刷面, 具正粒序, 具板状交错层理。平面上砂体呈枝状分叉, 概率曲线具分流河道特点(图1)。

(2) 分流间湾 主要由灰至深灰色粉砂质泥岩、泥岩等组成, 富含植物化石, 具块状、水平状及砂泥互层层理。河道决口时, 可发育决口扇, 逐渐淤浅沼泽化后可形成煤层(图1)。

(3) 泛滥平原 本区 K_6 以上岩段中常发育此类沉积(图1)。

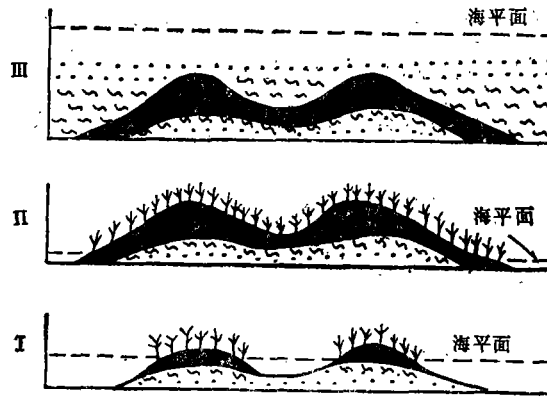
三、聚煤规律探讨

分析不同沉积环境中的聚煤作用无疑具有重大的理论与实际意义。Horne J. C.等(1978)、Donaldson A. C. (1974)等曾对美国阿帕拉契石炭纪三角洲体系的成煤作用有较多论述。如Horne J. C.等(1978)指出, 在三角洲中成煤条件最好的地段为上下三角洲平原间的过渡带。根据对霍西煤田的分析, 发现本区的主要成煤环境就三角洲体系来说有与Horne等所述相似的方面, 即过渡带的确可以形成厚而稳定的煤层, 如本区10号及9号主要可采煤层即是, 但本区在上三角洲平原上也发育较厚的稳定煤层, 如山西组中上部的2号和1号主要煤层。此外, 本区除存在与三角洲环境有关的成煤条件外, 尚有与泻湖-潮坪有关的成煤条件, 如太原组下部的一个主要煤层11号。这种差异看来应从两地不同的地质构造条件及整个三角洲体系演化历史来探求其原因, 需进一步研究。

在55张主要煤岩层厚度等值线图的基础上发现, 不同环境对煤层厚度与空间分布具

明显控制作用，其详细内容及例证限于本文篇幅将另文专述，这里仅作简要介绍。经综合分析发现，本区煤层的较厚带与下伏砂体较厚带的空间关系可分为两类情况。一类情况是较厚煤带迭置于下伏砂体的较厚带之上，第二类情况是较厚煤带与下伏砂体的较厚带呈错位关系。

第一类情况的例子如本区泻湖-潮坪基础上形成的11号煤，其厚煤带与其下的潮滩砂坝K₁砂体较厚带上下重迭。其原因可能是：在潮坪环境中潮滩砂坝常先露出水面，在其上如有薄层细碎屑沉积即可具备沼泽化条件而先开始沼泽化形成泥炭，而砂坝周围则覆水较深尚不宜植物生长。如当海水因某种原因退却时（如海平面下降或发生进积作用），潮滩砂坝周围的低地也逐渐出露水面而沼泽化，这时可形成连续而稳定的较厚煤层，而其中的较厚煤带必然位于砂坝之上，其演化情况如图2所示。这种情况可从美国南卡罗莱纳州现代的Snuggedy沼泽泥炭层的厚度得到有力证明。该沼泽发育在障壁岛间的泻湖-潮坪基础上，Staub J.R.等人据等厚线图分析发现，泥炭层的厚带与下伏障壁砂体的厚带十分吻合（Staub J.R.等，1979）。



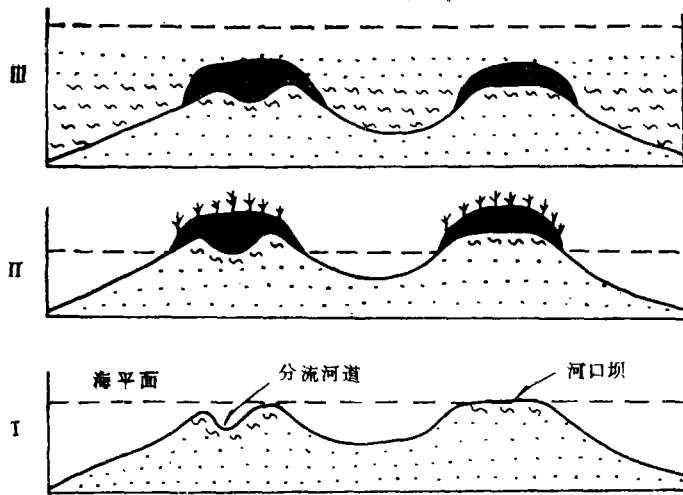
I、潮滩砂坝上先形成泥炭 II 海水下降时泥炭沼泽向砂坝四周蔓延 III 海水上升后带来的沉积物覆盖泥炭层
(垂直比例尺放大, 下同)

图2 潮滩砂坝上的成煤模式：厚煤带与厚砂带叠置

Fig. 2 Coal forming model on tidal beach-barrier; thicker zones of coal seam and sand body are superimposed

砂体与其上的煤层处于重迭位置的另一情况是废弃的分流河道与河口坝的成煤条件。在下三角洲平原下部的分流河道及河口坝常较周围地势稍高，如果分流河道改道（这在三角洲上屡见不鲜），在地势较高的分流河道与河口砂坝上如气候适宜即可具备成沼泽条件，这里形成的煤层势必处于分流河道或河口坝砂体之上。但由于该处紧邻海水，海水入侵较易，故形成的煤层常薄而不稳定。本区太原组8号薄煤层与其下的8号煤下砂体即属这种上下迭置的情况，其演化过程见图3。

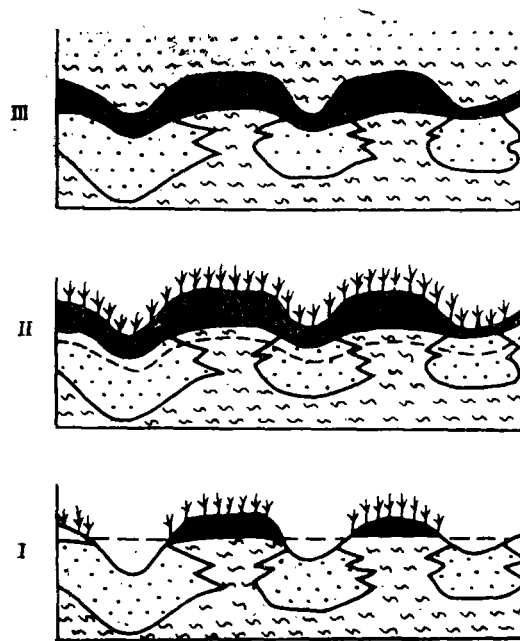
第二类情况是砂体与煤层的厚带呈错位关系，这主要出现在上下三角洲平原过渡带或上三角洲平原上的分流河道两侧。当分流河道存在时，如气候适宜，则河道两侧的泛滥平原应首先沼泽化而成煤，当分流河道发生改道，沼泽便可向废弃分流河道蔓延，这



I 海水淹没了分流河道与河口坝 II 海水下降, 河口坝及分流河道发育泥炭沼泽 III 海水上升后带来的沉积物覆盖泥炭层

图3 下三角洲平原下部河口坝及分流河道成煤模式: 煤层与砂体叠置

Fig. 3 Coal forming mode on distributary mouth barrier and distributary channel in lower part of lower delta plain; coal seam and sand body in superimposed position



I. 分流河道两侧先沼泽化 II 分流河道改道后, 沼泽向废弃分流河道蔓延 III 下次河道侵入带来的沉积物覆盖泥炭沼泽

图4 过渡带及上三角洲平原的分流河道成煤模式: 厚煤带与厚砂带呈错位关系

Fig. 4 Coal forming model in distributary channel on transition zone and upper delta plain; thicker zones of coal seam and sand body are in staggered position

时也可形成稳定的较厚煤层，但其较厚带与下伏的分流河道砂体应呈错位关系（因为在三角洲平原上总的来说分流河道蛇曲较弱，河道侧向迁移相应较弱），本区主要可采煤层10号及2号煤即为这类情况的良好例证。煤层的演化情况见图4。

以上的规律性除了对煤田的普查与勘探可以起到积极的指导作用外，尚可利用这种规律性作为环境分析的一种新标志，即可根据煤层与下伏砂体的较厚带的相对关系反过来判断煤层与砂体的形成环境，当然也应参考其它环境标志。

本课题在工作过程中得到山西省144煤田地质勘探队的大力协作与支持，并得到李毓、潘明照、王满荣、孙敬选、冯承恩、曹炳耀、亢建中、王三管工程师的热情帮助，在此致以深切感谢。

收稿日期1986年7月1日

参 考 文 献

- 皮尔森, 1970, 测井资料地质分析, 石油工业部石油勘探开发科学研究院情报室译, 石油工业出版社。
- 刘宝珺主编, 1979, 沉积岩石学, 地质出版社。
- 赖内克、辛格, 1973, 陆源碎屑沉积环境, 石油工业出版。
- Blatt, H., et al., 1980, Origin of sedimentary rocks, Sed. Ed. Prentice-Hall, p.136-144.
- Donaldson, A.C., 1974, The Geol. Soc. of Amer. Inc. Spec. paper, 148, p.47-78.
- Glaister, R.P. and Nelsrn, H.W., 1974, Bull. of Canad. petrol. Geol. V.22, N.3, p. 203-240.
- Horne, J.C. et al., 1978, Bull. of AAPG. V.62, N.12, p.2377-2411.
- Reading, H.G., 1978, Sedimentary environments and facies, Blackwall Scientific publications.
- Reineck, H.G. and Singh, I.B., 1980, Depositional sedimentary Environments, Sed Ed., Springer-Verlag.
- Staub, J.R. and Cohen, A.D., 1979, J. Sediment. Petrol., V.49, N.1, p.133-144.
- Visher, G.S., 1969, J. Sediment. Petrol., V.39, N.3, p.1074-1106.

A PRELIMINARY STUDY ON SEDIMENTARY ENVIRONMENTS AND LOW OF COAL CONCENTRATION OF CARBO-PERMIAN COAL-BEARING SEQUENCES IN REGION OF COUNTY HUO, HUOXI COAL BASIN, PROVINCE SHANXI

Huang Caoming Zhou Qifeng

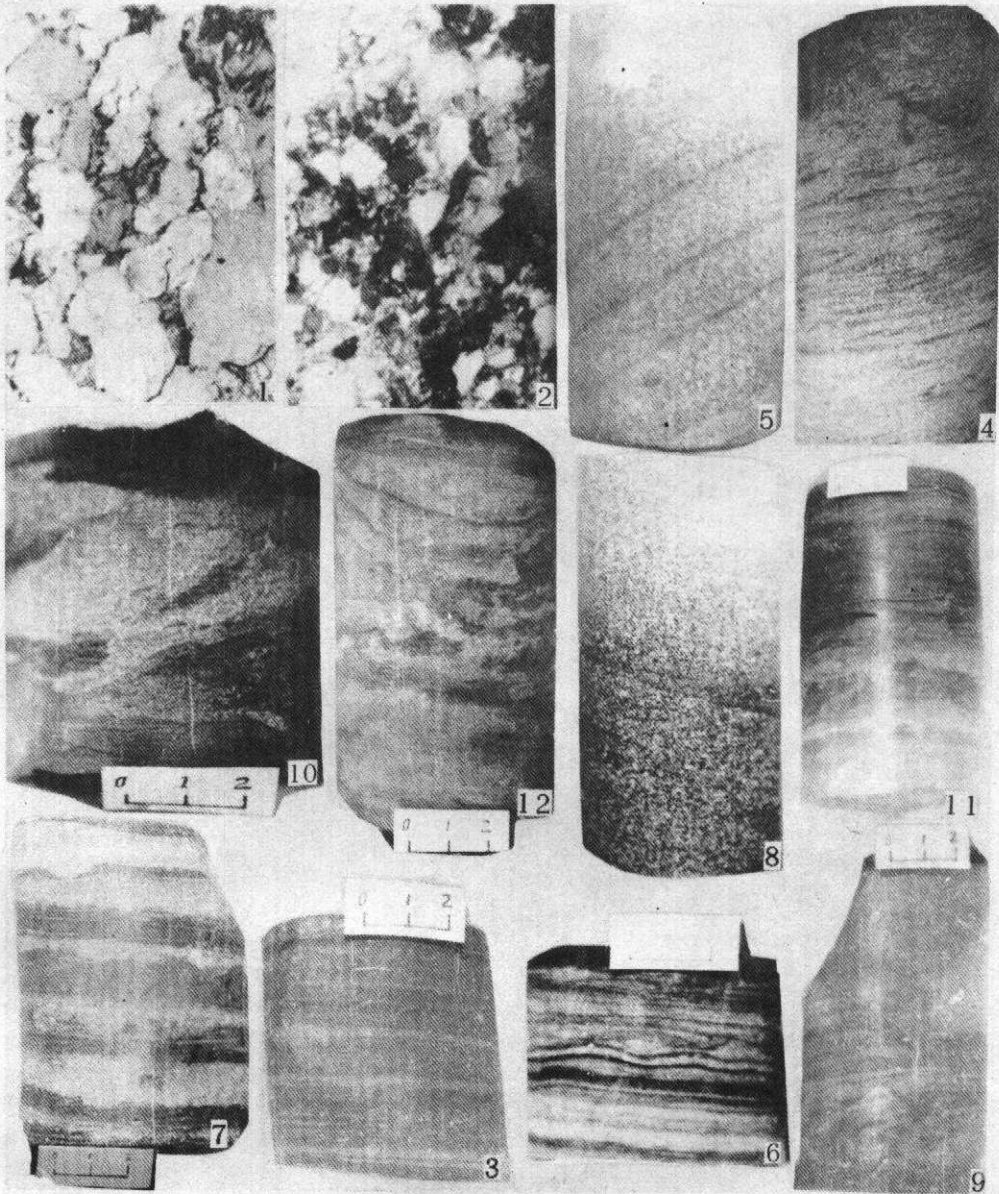
(Department of Geology, Shanxi College of Mining)

Abstract

Huoxi coal basin is one of the six large coal basins in Province Shanxi. The study on sedimentary environments was carried out by complex methods including 55 isopach maps of main coal seams and sand bodies, a lot of trace elements analysis, X-ray diffraction analysis and DTA of clay minerals, rock identification under microscope, etc. The composition of coal-bearing sequence, rock structure probability cumulative curves of sandstone grain-size, electric log, analysis data of trace elements and the shape of coal seams and sand bodies are illustrated in detail. On basis of all these environmental criteria the coal-bearing formation was divided into six cycles and each environment was analysed. The middle Carboniferous Benxi Group is mainly lagoon-tidal flat deposits. The Upper Carboniferous Taiyuan Group is mainly lower delta-plain deposits. The lower Permian Shanxi Group is mainly upper delta-plain deposits.

The thickness and distribution of coal seams are apparently controlled by depositional environments. In this area, besides the good coal forming condition in environments of transition zone, as revealed by J.C. Horne et al (1978), good coal forming condition exist in the environments of upper delta-plain and lagoontidal flat too.

There are two kinds of space relationship between the thicker belts of coal seam and the underlying sand body. First kind is superimposed position. Second kind is staggered position. First kind includes two varieties. One is coal seam formed on basis of tidal beach-barrier, the other is coal seam formed in environments of distributary mouth bar and distributary channel on lower parts of lower delta-plain. Second kind is coal seam formed in environments of distributary channel in transition zone and upper delta-plain. The thicker belts of coal seam and underlying sand body are in staggered position. The space relationship of thicker belts of coal seam and underlying sand body not only can play positive role for coal searching and exploration, and also can serve as a new useful criterion for environmental analysis.



1. 石英砂岩 (K₇) 含少量钙质胶结物, 石英洁净, 潮滩砂坝 部分混浊。万安 87 孔, 单光 6.3×10 2. 岩屑石英杂砂岩 (K₇), 分流河道。223 孔, 单光 6.3×10 3. 板状交错层理, K₇ 砂岩, 分流河道。223 孔, 4. 砂纹交错层理 2 号煤下细砂岩, 天然堤, 223 孔。 5. 波状及透镜状层理, 11 号煤下粉砂岩, 混合坪, 204 孔 6. 水平层理, 11 号煤顶板泥岩, 前三角洲, 212 孔 7. 砂泥互层层理, 10 号煤下砂岩, 河口砂坝, 212 孔 8. 粒序层理, K₇ 砂岩, 分流河道, 223 孔 9. 变形层理, 10 号煤下粉砂岩, 远砂坝, 212 孔 10. 底部冲刷, 2 号煤下砂岩, 决口扇, 万安 87 孔 11. 泥岩中的虫迹, 由粉砂充填, 斜交层理, 前三角洲, 212 孔 12. 生物扰动构造, 前三角洲, 212 孔