

# 华亭煤产地含煤岩系成因地层 分析及主煤层成因

王国力 张启林 马珂 马国林 史仲武

(甘肃省煤田地质研究所,兰州 730000)

**提 要** 本文以成因地层分析理论、盆地分析理论为指导,参照地震地层学思路,重新厘定了华亭煤产地地层划分与对比,探讨了富县组、延安组沉积环境,结合煤岩学特征阐述了华亭煤产地巨厚煤层是由“填积型”煤层、“退积型”煤层叠加形成的。

**关键词** 华亭煤产地 富县组 延安组 成因地层分析 煤层成因

**第一作者简介** 王国力 男 28岁 硕士 沉积学

## 引 言

华亭煤产地位于鄂尔多斯盆地西南缘,是一北西走向的向斜构造,长15km,宽2km~6km,含煤面积54km<sup>2</sup>。从北向南分为策底井田、华亭详查区、北河井田、陈家沟井田、砚峡井田及南井田。

本区分布地层自下而上有上三叠统延长群、下侏罗统富县组、中侏罗统延安、直罗、安定组、白垩系六盘山群、第三系固原群和第四系。本文研究富县组和延安组。

## 1 华亭煤产地含煤岩系成因地层分析<sup>[2] [3] [5]</sup>

### 1.1 华亭煤产地含煤岩系地层划分

华亭煤产地是以印支运动形成的古构造运动面作为盆地基底面,延安组与上覆直罗组之间的古构造运动面(可由该界面存在古风化壳、上下岩性颜色明显不同、岩相突变上得到证明)作为盆地的顶界面。这两个古构造运动面在物探上被称之为 $T_5$ 、 $T_3$ 反射界面。界于上述两个古构造运动面之间的沉积物代表了盆地第一构造幕的沉积。通过进一步的成因地层分析。同沉积构造分析,在该构造幕中又划分出了多层次的次级界面。其中最重要的为煤<sub>3-2</sub>顶界面(称之为 $T_A$ 界面),它分割开了华亭煤产地两个不同发育时期:界面之下为煤产地断陷盆地发育时期,界面之上为稳定拗陷阶段。前者据沉积物分布、物质来源、沉积环境等的区别进一步分出更次一级界面 $T_b$ 、 $T_c$ 界面;后者据沉积环境、构造运动幅度等分出 $T_e$ 界面(上述界面在测井曲线上为突变特征)。上述等时性界面共圈定了5个沉积幕,从下至上为I(即富县组)、II、III、IV、V沉积幕(图1)。

叶鹏同志测试并整理了华亭砚峡剖面孢粉资料,发现不同沉积幕的孢粉组合不同:

- (1)第 I 沉积幕为 *Cyathidites—Marattlsporites—Chasmatas* 组合。
- (2)第 II 沉积幕为 *Cyathidites—Lycopodinmsporites—Perinopollenites* 组合。
- (3)第 III 沉积幕以 *Cycadopites—Pinuspollenites—Podocarpidites* 组合。
- (4)第 IV 沉积幕为 *Cyathidites—Quadraecilina* 组合。

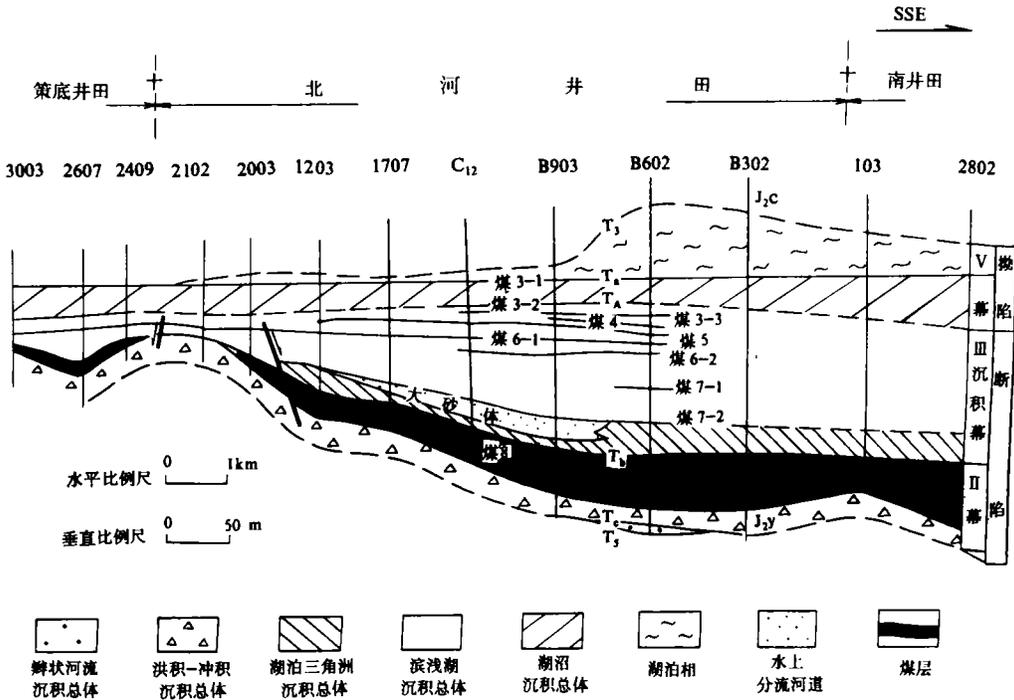


图 1 华亭煤产层走向沉积断面图

Fig. 1 Sketch map showing the trend cross section of coal-producing beds in the Huating area

### 1.2 断陷盆地发育时期成因地层分析

#### 1.2.1 第 I 沉积幕(富县组)成因地层分析

三叠纪末的印支运动使得华亭地区抬升,发育了构造河谷。嗣后,随地壳运动性质的转变,河床由侵蚀搬运作用转为堆积作用,接受富县组沉积。

在华亭,富县组呈带状延伸。其沉积物以粗粒沉积为主。沉积物颜色有灰白、灰黑、紫红色,最能反映沉积环境的氧化铁质色素形成的紫红色表明沉积时为氧化环境。

富县组岩性相主要有均匀层理砾岩(Gms)、均匀层理砂岩(Sms)、正向递变层理砂岩(Sg)、板状交错层理砂岩(Stb)、平行层理砂岩(Sh)、水平层理粉砂岩(Fl)、均匀层理含砾泥岩(Mms)等。

由Gms、Sms、Sg、Stb、Sh组成了正向变化的沉积组合。其断面形态为透镜状,空间展布

趋势为线状,上下界线清楚,粒度曲线为一段型、二段型等,结合其所处古地理位置推断为辫状河道沉积组合。水流越岸后在水动力条件减弱条件下由 F1、M1 组成了洪泛性越岸沉积组合。

一个或多个辫状河道沉积组合和洪泛性越岸沉积组合在研究区构成了条带状展布的河道相和洪泛相,周围为三叠纪地层的岗状、面状隆起。据砂(砾)岩百分比分为河道相地区(比值为 100%)、过渡区(比值为 0%~100%)、及洪泛相地区(比值为 0%)(图 2)。

富县组沉积从下向上表现为不同期河道相、洪泛相沉积物连续叠覆构成了填积型生长层序,进而形成了辫状河流沉积总体。

1.2.2 第 I 沉积幕成因地层分析

1.2.2.1 成因地层分析

第 I 沉积幕除 Gms、Sms、Sg、Sh、F1、Mms 外,还有槽状交错层理砂岩相(St)、煤及炭质泥岩(Cm)等。第 I 沉积幕的砾岩、砂岩大部分为突发性洪水事件的产物。比如在南井田,由于强烈的冲蚀、铲蚀作用使 Gms 底界面凹凸不平,砾石表面有泥膜且常为“漂砾”状,砾岩为基质支撑,上述特征表明其为粘性泥石流形成的。

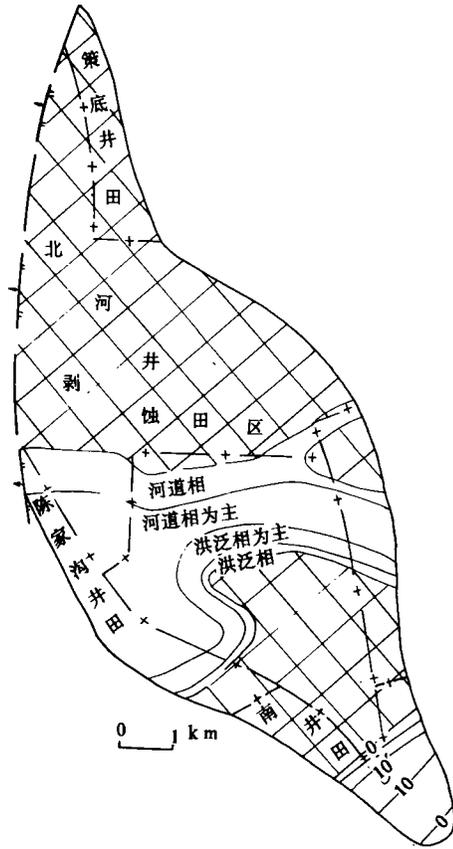


图 2 富县组古环境图  
Fig. 2 Paleoenvironment map of the Fuxian Formation

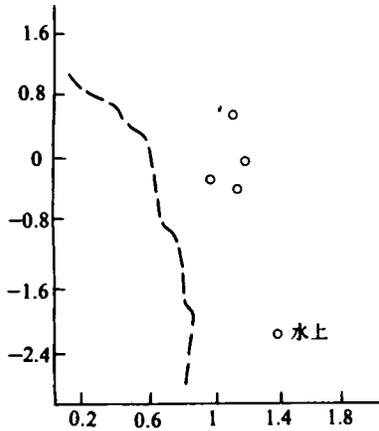


图 3 第 I 幕 SK-Δδ 图  
Fig. 3 SK-Δδ diagram of the episode I

粘性和稀性泥石流的 Gms、Sg 构成了面状洪流沉积组合;稀性泥石流和短暂时性洪流的 Gms、Sg、Sms 构成了网状洪流沉积组合;另外还有低能悬浮的扇间洼地和湿地及沼泽沉积组合,单向水流作用形成的河道及决口扇沉积组合。

粒度的方差与偏差图上显示第 I 幕沉积物为水上沉积(图 3)。

上述沉积组合构成了四种沉积相。面状和网状洪流沉积组合构成锥顶相,分布在华亭南部;向北演化成扇形相,由网状洪流和河道沉积组合构成;再向北由河道、湿地及沼泽、决口扇沉积组合构成了边缘相;洪积扇之间由洼地沉积组合构成洼地相。

四种沉积相在华亭构成了简单的洪积—冲积沉积总体。扇形相盖在锥顶相之上表现为退积型生长层序。

1.2.2.2 同沉积构造活动分析

第 I 沉积幕同沉积构造活动强烈,证据为(1)物源方向由第 I 幕的东西向转为第 II 幕的

南北向(由南向北供应);(2)洪积物作为煤层底板;(3)煤层厚度不是由沉积前地势决定的南薄北厚而是南厚北薄。基于以上原因,推断在华亭煤产地以南有同沉积正断层。与此推断相吻合,在老鸦沟剖面见有小型阶梯状排列正断层。

进一步研究煤、层煤厚特征发现在 2102 孔附近煤层最薄,向两端变厚,反映次一级同沉积构造活动。结合区域构造推断其表现形式为地垒(H;见图 1)。

### 1.2.3 第Ⅲ沉积幕成因地层分析

#### 1.2.3.1 成因地层分析

第Ⅲ沉积幕煤产地进入了崭新的阶段,不仅表现为环境的变化且物源供应方向也从第Ⅲ幕的由南向北转为由北向南。证据是(1)第Ⅲ沉积幕接受沉积时,华亭南部水深北部水浅;(2)煤层从北向南展布。

第Ⅲ沉积幕岩性相类型及沉积组合类型见表 1 及表 2。

粒度分析的偏度-标准方差图及 CM 图证明了上述划分的正确性(图 4 及图 5)。

表 1 延安组第Ⅲ沉积幕岩性相类型

Table 1 Types of lithofacies in the sedimentary episode Ⅲ of Yanan Formation

代号	岩性相	主要层理	其它构造	作用解释
Ml	水平层理 泥岩相	水平层理	偶见虫孔	悬浮沉积为主
Mm	均匀层理 泥岩相	无层理	见虫孔及包卷层理	悬浮沉积
Fl	水平层理 粉砂岩相	水平层理	见虫孔	悬浮沉积为主
Fm	均匀层理 粉砂岩相	无层理	见虫孔及包卷层理	悬浮沉积
Fr	沙纹层理 粉砂岩相	流水爬升、浪成沙纹层理		低流态牵引流(单向或双向)
Sg	正向递变层理砂岩相	正向递变层理	槽状板状平行层理	高流态牵引流沉积
C	煤			植物堆积
Sm	均匀层理砂岩相			快速沉积

表 2 第Ⅲ沉积幕沉积组合特征及其共生组合

Table 2 Characteristics of the sedimentary assemblage and its association in Episode Ⅲ

沉积组合	共生沉积组合	特征
河口坝	分流河道前三角洲	由 Fl、Fm、Fr 与 Ml、Mm、Sl 等互层形成,颜色单调,岩性机械重复,可进一步分远端坝,近端坝沉积组合。
分流河道	堤岸、湖沼、河口坝、分流间湾	由 Sg、Stb、St、Fr 等组成,从下向上粒度正向变化,底界面常为冲刷面且分流河道沉积组合常常垂向叠覆,表明相对稳定的分流河道及相对集中的物源供应,可进一步分为水上和下水分流河道沉积组合,前者与堤岸、湖沼沉积组合共生,后者与河口坝、分流间湾沉积组合共生。
分流间湾	水下分流河道及河口坝	由 Ml、Fl、Fms 垂向叠覆形成。
堤岸	水上分流河道及湖沼	由 Mms、Ml、Fms、Fl 组成,它们垂向上叠覆。
湖沼	水上分流河道及堤岸	由 Mms、Ml、Fms、Fl 组成,与堤岸沉积组合所不同的是具有煤的沉积。
前三角洲泥或浅湖	分流河道、分流间湾、滨湖	由 Mms、Ml、Fms、Fl、Fr 等组成,偶而夹有水下砂(类似分流河道沉积)但数量极少。
滨湖	浅湖	类似浅湖沉积组合,但其上往往淤积后成煤。

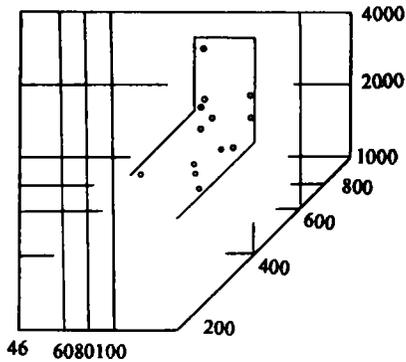


图4 第Ⅲ幕下部大砂体CM图

Fig. 4 CM Pattern of the large sandbody in the lower part of the episode III

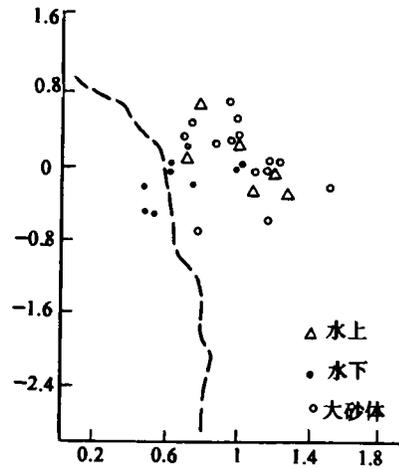
图5 第Ⅲ幕SK- $\Delta\delta$ 图

Fig. 5 SK- $\Delta\delta$  diagram of the episode III

第Ⅲ沉积幕由于物源剥蚀速率、同沉积构造活动的差异使得煤<sub>7-2</sub>层上下沉积相不同。煤<sub>7-2</sub>层之下为三角洲前缘相、三角洲平原相,垂向层序从下向上由细变粗再变细;煤<sub>7-2</sub>层之上为多次的滨、浅湖相交替出现。上述区别从砂泥比中也能看出:煤<sub>7-2</sub>层上、下砂泥比分别为1:10.5和2.2:1。另外,由于地垒(H)的继承性活动,在2102孔以北阶段性出现边缘湖盆相(图1)。

在煤<sub>7-2</sub>层之下,三角洲进积作用形成了进积型生长层序并构成分流河道型湖泊三角洲沉积总体。在煤<sub>7-2</sub>层之上表现为滨浅湖垂向叠覆的填积型生长层序并构成滨浅湖沉积总体。

#### 1.2.3.2 第Ⅲ沉积幕同沉积构造、环境及成煤关系

第Ⅲ沉积幕仍然保持了煤<sub>8</sub>层形成时的构造活动性质:南部不断下沉使得B602孔以南一直处于水面之下;B602孔以北则有暴露水上标志;内部次级构造活动在2102孔以北阶段性出现边缘湖盆。

煤层形成在两种环境中:其一是废弃三角洲平原成煤,如煤<sub>7-2</sub>层;其二是湖泊(包括边缘湖盆)逐渐淤浅成煤,如煤<sub>7-1</sub>层、煤<sub>6</sub>层、煤<sub>5</sub>层、煤<sub>4</sub>层、煤<sub>3-3</sub>层、煤<sub>3-2</sub>层。成煤时,如有次级构造活动则煤层常被切断(如煤<sub>5</sub>层等),否则,煤层连续性好(如煤<sub>6-1</sub>层)。

#### 1.3 华亭煤产地拗陷盆地发育时期成因地层分析

从第Ⅳ沉积幕开始,华亭煤产地进入了截然不同的发展阶段——拗陷盆地发育时期。与前三个沉积幕相比,第Ⅳ、Ⅴ沉积幕:(1)沉积物、沉积环境全区基本一致;(2)很少有粗粒沉积物;(3)没有明显的单向物源供应;(4)沉积物厚度全区一致。

第Ⅳ沉积幕为湖泊—湖沼沉积总体。第Ⅴ沉积幕由于后期构造运动破坏只保留了下部浅湖相沉积(图1)。

#### 1.4 华亭煤产地成因地层格架及演化历史

介于  $T_5$ 、 $T_3$  两个反射界面之间的富县、延安组沉积物总体上表现为水进过程。这一点从炭屑含量(从下向上递减)、沉积物粒度(从下向上变细)及粘土矿物含量上可以得到证明(伊利石含量从下向上递增,高岭石含量从下向上递减)

在总体水进过程中,华亭煤产地经历了两个发展阶段:一是早期的断陷盆地发育时期,二是晚期的拗陷盆地发育时期。

断陷盆地发育时期,同沉积构造活动规模、强烈程度等不完全相同。第 I 沉积幕沉积时,其同沉积构造靠近辫状河道北端;第 II 沉积幕同沉积构造活动最强烈(出现泥石流沉积、厚度差异最大为佐证);第 III 沉积幕同沉积构造活动趋于和缓(这从沉积厚度差异上能看出:煤<sub>6-1</sub>层上、下沉积物最小厚度与最大厚度比分别为 0.19 和 0.01)。

拗陷盆地发育时期其沉积物岩性、沉积厚度、煤层发育全区基本一致(图 1)。第 V 沉积幕接受沉积时,水体最深,其伊利石含量(59%)、绿泥石含量(14.40%)最高,而高岭石含量(25.53%)最低。

## 2 华亭煤产地主煤层成因

### 2.1 概述

华亭煤产地巨厚煤层世界闻名。它的主煤层全区出露,绝大部分为厚~巨厚煤层,最厚逾 70m,从北向南煤厚增加、结构由简单到复杂。

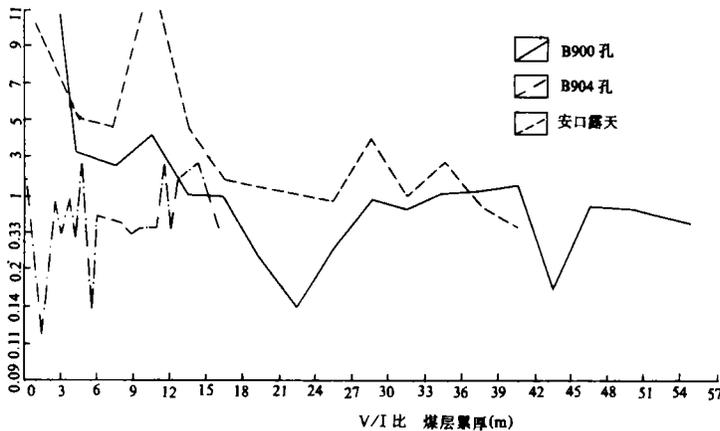


图 6 华亭 B900, B904 与安口露天镜惰比曲线图

Fig. 6 Curves of the vitrinite/inertinite ratio of Borehole B900, B904 and the Ankou opencut coalmine in the Huating area

华亭煤产地煤化指标属低灰(9.87%)、低硫(0.63%)、高发热量(27.9MJ/kg)、粘结指数为 0 的长焰煤。华亭中部 B900、B904 孔煤灰指数:  $CaO/MgO$  为 2.1 和 1.2;  $CaO/Fe_2O_3$  为 1.6 和 0.51;  $(CaO+MgO+Fe_2O_3)/(SiO_2+Al_2O_3)$  为 0.68 和 0.47;  $Sr/Ba$  为 0.36 和 0.47。上部镜质组含量高,下部惰质组含量高(图 6)。B900、B904 孔显微煤岩类型所划分的煤相图

解中,其煤相点展布于 Ft、F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>、R<sub>1</sub> 等 5 个煤相区(图 7)。上述资料表明华亭煤产地主煤层是碱性的化学介质、属于高位沼泽的弱氧化到弱还原条件下成煤环境。

### 2.2 主煤层成因

华亭煤产地的主煤层因发育有根土岩、成煤沼泽类型变化在煤层内表现的结构比较完整等特点而表明其是以原地成煤为主。所以形成这样巨厚的煤层是与特定的构造、古地理、古植物条件分不开的。

#### 2.2.1 特定的同沉积构造条件

主煤层形成之前的洪积—冲积沉积总体其物源供应从南向北,而主煤层之上第Ⅲ沉积幕物源供应从北向南(主煤层南部的下部和北部的上部夹矸多也能证明这一点),换句话说就是主煤层形成在物源供应发生 180°方向转变时期。物源方向的反向变化表明煤层形成时同沉积构造规模巨大、持续时间长。

华亭煤产地同沉积构造的作用:(1)使得植物死亡堆积速率与沼泽水面保持了动态平衡;(2)提供了植物堆积所需的洼地地形;(3)控制了煤的类型。如果植物堆积速率和同沉积构造下陷速率接近则形成“填积型煤”,V/I 值基本不变(图 6,B900,B904 孔下部);如果同沉积构造下陷速率大则形成“退积型”煤,V/I 值逐渐增加(图 6,B900,B904 孔上部)。

#### 2.2.2 特定的古地理条件

主煤层形成之前的洪积—冲积沉积总体使得(1)华亭煤产地与相邻高地地势差异减小;(2)减少了后期活动水系的物源。

主煤层之上的三角洲前缘相的细粒沉积物为煤的保存提供了条件。

#### 2.2.3 煤层发育时间

甘肃省地质研究所对华亭砚峡剖面微量元素进行最优黄金分割分析得出结论:“煤层中部标志层上下界线频繁出现标志着上下环境的差异。”关于此点从 B900 孔、B904 孔 V/I 曲线中也可看出:下部 V/I 值在基线在 1 附近摆动,上部 V/I 值逐渐增大。华亭煤产地主煤层就是由这两种旋回的煤层叠加而成,缺失任一种旋回的煤层(如策底井煤田缺失下部旋回、安口煤田缺失上部旋回),其厚度都将减小。

煤层越靠近边部,则成煤结束时间越晚。这一点通过对 B900 孔、B904 孔的镜质组、惰质组、丝质组所做的黄金分割得到了证明:靠近边部的 B904 孔上部旋回所占比重(60.3%)大于 B900 孔上部旋回所占比重(21.8%)。

上述结论表明:成煤时间越长煤厚越大。

#### 2.2.4 成煤植物

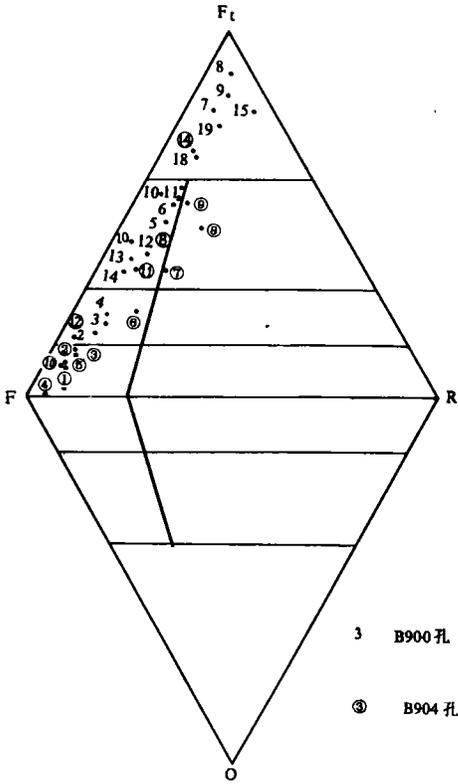


图 7 华亭 B900,B904 孔煤。层按 3m 等长分层煤相图解  
Fig. 7 Coal facies of No. 8 coal bed (equally separated by 3m) in Borehole B900 and B904 of the Huating area

砚峡剖面采集的孢粉经室内分析表明:孢粉化石所属植物母体中以银杏苏铁类、松科、罗汉松科、杉科为主,约占总数60%~70%,它们都属于木本植物,且多为乔木。

总之,华亭煤产地煤层大部分是原地成煤,也有少量异地成煤,总体上高位沼泽为主。其所以形成巨厚煤层是与特定成煤条件分不开的,最主要的是有利的气候自然条件加上同沉积构造活动使得大面积森林沼泽的堆积速率与沼泽水面保持了长时间动态平衡。

## 结 论

1)华亭煤产地含煤岩系经历了先断后拗的演化历史,从下向上总体上表现为水进过程。

2)对含煤岩系沉积、构造的深入研究,可将富县、延安组划分出5个沉积幕:第Ⅰ沉积幕为辫状河流沉积总体;第Ⅱ沉积幕为洪积—冲积沉积总体;第Ⅲ沉积幕为分流河道型湖泊三角洲及滨浅湖沉积总体;第Ⅳ沉积幕为湖泊湖沼沉积总体;第Ⅴ幕保存不全。

3)在特定的同沉积构造条件下、特定的古地理条件下泥炭沼泽长期发育形成了巨厚煤层。

4)考虑到构造运动幅度、速度的差异性,寻找巨厚煤层应多在盆地边缘开展工作。

致谢 本文在编写过程中,得到了曾允孚教授、徐福祥高工的精心指导,借此机会,特向他们表示衷心的感谢。甘肃省煤田地质研究所鄂尔多斯课题组为本文完成提供了大量资料 and 资金保证;在野外和室内工作期间曾得到了甘肃省煤田地质研究所杜宝安高工、杨永胜工程师、杨宝山工程师、成都地质学院张锦泉副教授、刘文钧副教授的帮助和指导;任玉梅、冶美琴同志帮助笔者请绘了部分图件,在此向以上单位和个人表示深深的谢意。

收稿日期:1994年5月20日

## 参 考 文 献

- [1] 赵重远等,1990,华北克拉通沉积盆地形成与演化及其油气赋存,西安:西北大学出版社,107~113。
- [2] 夏文臣等,1989,沉积盆地的成因地层分析,武汉:中国地质大学出版社,1~83。
- [3] 李思田,1988,断陷盆地分析与煤聚集规律,北京:地质出版社,1~59。
- [4] 黄家福,1991,盆地分析中的编图方法,武汉:中国地质大学出版社,46~48。
- [5] 陈钟惠,1988,煤和含煤岩系的沉积环境,武汉:中国地质大学出版社,1~120。
- [6] 杜恒俭等,1981,地貌学及第四纪地质学,北京:地质出版社。
- [7] 煤炭部煤炭科学院地质勘探分院,1987,陕西北部侏罗纪含煤地层及聚煤特征,西安:西北大学出版社,133。

## Genetic Stratigraphy Analysis of the Coal Measure and Genesis of the Main Coal Seam in Huating Coal-producing Area

*Wang Guoli Zhang Qiling Ma Ke Ma Guoling and Shi Zhongwu*

(Gansu Institute of Coalfield Geology, Lanzhou 730000)

### Abstract

Directed by the theory of the genetic stratigraphic analysis and basin analysis, simultaneously referring to the idea of seismic stratigraphy, the authors have reconstructed the stratigraphic sequence and its correlation, and further subdivided the coal measure (including Fuxian and Yan'an Formation) into five sedimentary episode, i. e., Episode I (equivalent to Fuxian Formation) is composed of braided river deposits with provenance supply from west to east, and it is merely distributed in stripped shape in the middle part of the Huating area; Episode II consists of pluvial and alluvial deposits with a provenance supply from south to north, and it is widely distributed in the Huating area. The main coal seam is found in the upper part of pluvial alluvial deposits. Episode III is a combination of distributary lacustrine delta deposits and shore to shallow lake deposits. Direction of provenance supply is from north to south; Episode IV is made up of lacustrine and swamp deposits; Episode V is partly eroded, the direction of provenance supply of Episode IV and V is not clear. The coal measure of the Huating coal-producing area underwent on evolutionary history i. e. first rifting and then depressing, in which Episode I, II and IV stand for a development period of rift basin, and Episode IV and V indicate the stably depressing period.

Although there are more than ten coal seams in the Huating area, the workable seam is only No. 8 bed. Based on the research data of synsedimentary structure activity, anthraeology, depositional environment and coal-forming botany, the authors point out that the formation of coal seam with great thickness has a close relation to the special coal-forming conditions, and above all, the most favorable climate, together with synsedimentary structure activity, keeps a dynamic equilibrium between the accumulation rate of a vast swamp and the swamp weather table in a long period.

In addition, this paper has also discussed the problem of coal classification from the viewpoint of sedimentology, indicating that coal seams with great thickness in Huating area can be divided into two types; one is "aggradation type" coal that has a stable V/I ratio, implying the stability of water table during peat accumulation; and the other is "progradation type" coal that has an increasing V/I ratio, implying that the gradual rising of paleo-water table has changed peat accumulation.