

文章编号:1004-7824(1999)03-0030-10

阳泉矿区含煤地层沉积环境 及其对煤层厚度分布控制

焦希颖¹, 王 一²

(1. 阳泉煤炭专科学校, 山西 阳泉 045001; 2. 阳泉三矿, 山西 阳泉 045008)

摘要:阳泉矿区煤系地层形成于海陆交互相的过渡环境,其煤层的形成、赋存、厚度变化、分布均受沉积环境的控制和影响。根据分析成煤环境、预测煤层赋存变化情况,为煤炭资源补勘和开采生产提供指导。

关键词:沉积环境;成煤作用;煤层厚度及赋存

中图分类号:P531;P618.11

文献标识码:A

阳泉矿区位于山西省阳泉市西部,总面积约 1400km²。区内出露地层由东往西有奥陶系、石炭系和二叠系。矿区东部和北部均有大面积的奥陶系灰岩出露,南部多为石炭系和二叠系出露,西部全为二叠系地层。矿区含煤地层为上石炭统太原组和下二叠统山西组。太原组由灰白色长石石英砂岩及深灰色石灰岩、灰黑色粉砂岩、砂质泥岩和煤层组成,厚度为 110~160m(平均 130m),煤层总厚度为 11.75m,含煤系数 6.34%;山西组由灰白色长石石英砂岩、灰黑色粉砂岩、砂质泥岩和煤层组成,煤层总厚 4.76m,含煤系数 7.8%。

阳泉矿区位于新华夏系沁水凹陷的东北边缘,其东部是太行山隆起带,西部及西北部是新华夏系歹字型构造太原盆地,北部为 38°东西向构造亚带。由于东部太行山、北部的五台山隆起,本区形成了北西走向、南西倾斜的一个规模较大的单斜构造。在这个单斜面上发育有次一级不同类型的构造形迹(图 1)。

1 沉积特征

1.1 岩石矿物特征

含煤地层岩石类型比较多样,包括粗碎屑岩、细碎屑岩、煤层、碳酸盐岩和少量的铝质岩和铁质岩。从本溪组到山西组,粗碎屑岩和煤层的含量逐渐增高,铝质岩的含量逐渐降低,碳酸盐岩含量以太原组最高、本溪组次之、山西组没有。而铁质岩仅发育于本溪组中。从本溪组到山西组,粗碎屑的 $Q/(F+R)$ 也是逐渐降低的。由此可见,本溪组以填平补齐的滨岸潟湖沉积为主,太原组形成了清水、浑水交替的过渡环境,山西组则以陆源碎屑沉积为主。

1.2 原生沉积构造

含煤地层原生沉积构造包括各种层理、浪成波痕、冲槽、结核、生物遗迹和生物扰动构造

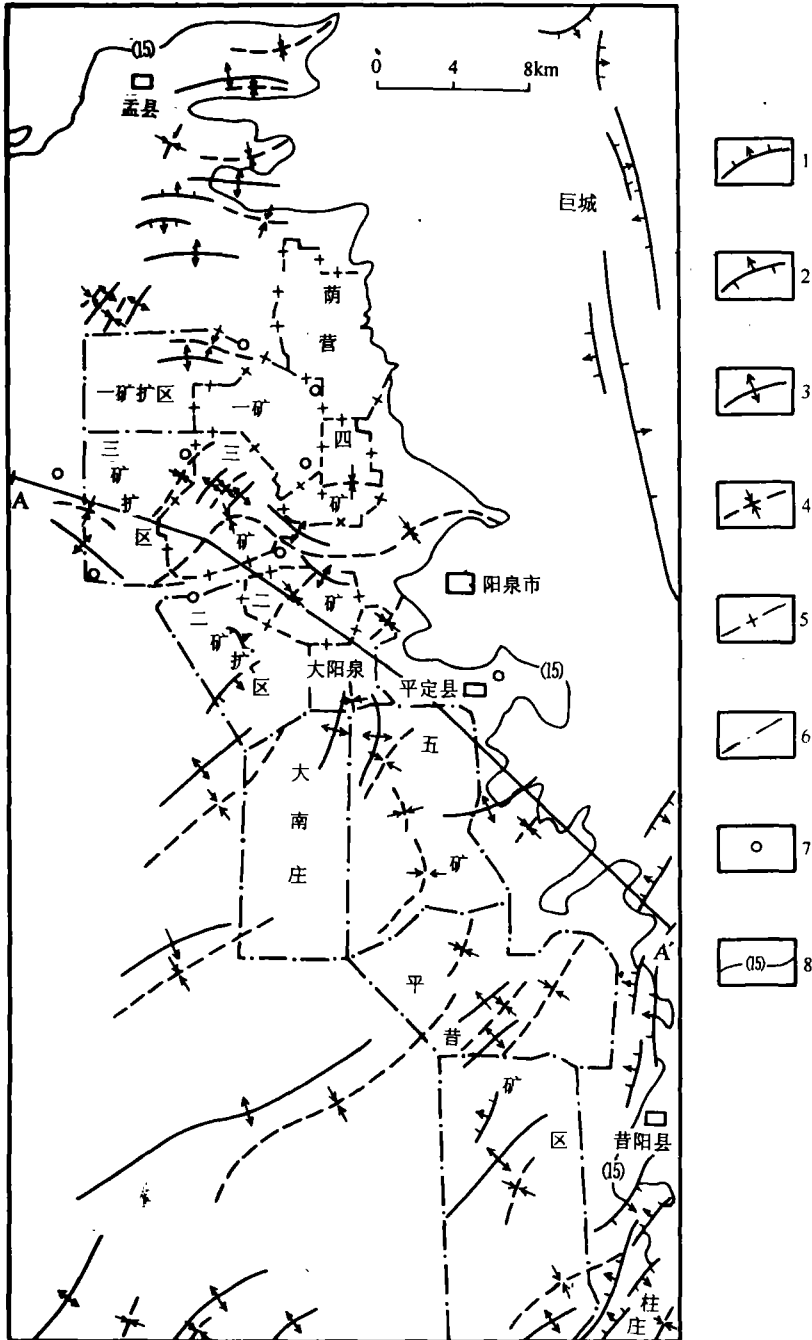


图1 沁水煤田阳泉矿区构造纲要图

1. 正断层;2. 逆断层;3. 背斜;4. 向斜;5. 生产矿界;6. 扩区矿界;7. 节理观测点;8. (15)号煤层露头线

Fig.1 Tectonic outline of the Yangquan mining district in the Qinshui coalfield, Shanxi

1 = normal fault; 2 = reversed fault; 3 = anticline; 4 = syncline; 5 = mining boundary; 6 = extended mining district boundary; 7 = observation site for joints; 8 = outcrop line of the 15th coal seams

等。这些能够反映沉积时的水动力条件、介质的氧化-还原环境、生态条件以及沉积的堆积速度等,是一定沉积环境的产物。

1.3 煤层特征

含煤地层共 13 层,由上而下编号为 S₁、S₂、S₃、S₄、S₅、S₆、T₈、T₉、T₁₁、T₁₂、T₁₃、T₁₄、T₁₅,其中 S₁~S₆ 产于山西组,T₈~T₁₅产于太原组。区内 13 层煤中,有经济价值属稳定、较稳定和不稳定局部可采煤层有 8 层,即 S₂、S₃、S₆、T₈、T₉、T₁₂、T₁₃、T₁₅等煤层,其余 7 层均为不稳定的不可采煤层。煤层的镜质组最大反射率为 1.788~2.280,属低变质的无烟煤。

本区所有煤层虽然均为无烟煤,但各煤层的挥发分、灰分、硫分各不相同,呈现以下变化规律:挥发分在同一煤层水平方向均为东南方向低,西北方向高;在垂直方向上不同煤层表现为由上往下逐渐下降。灰分以 T₈ 煤层最高,为 21.28%~43.80%,平均 33.12%,属富一高灰分煤;T₁₅煤层最低,为 5.27%~23.79%,平均为 13.37%,属低灰煤。硫分则以 T₁₂煤最高,为 0.61%~9.03%,平均 2.72%;T₁₅煤次之,为 1.66%~3.5%,平均 2.33%;S₂、S₃ 煤层最低,为 0.24%~1.24%,平均 0.39%。

1.4 地球化学标志

本区泥岩中的微量元素变化规律比较明显,从本溪组到山西组硼的含量逐渐降低,钡的含量基本上是升高的,镓和铟变化不大,B/Ga 值和 Sr/Ba 值基本上是逐渐减低,反映了含煤岩系形成于由海相向过渡相和陆相转化的过程。

1.5 测井曲线特征

本区含煤岩系是一套海陆交互过渡相的沉积产物,频繁的海进、海退,使得所沉积的岩性和岩性组合上存在着差异,由此导致煤层、岩层的物性(如岩石的电阻率、自然电位、密度和放射性)存在差异。根据对沉积环境的研究,本区煤系地层测井曲线特征见表 1,测井曲线类型如图 2。

表 1 阳泉矿区石炭系—二叠系煤系中沉积岩的测井曲线特征^[1]
Table 1 Well logs of the sedimentary rocks in the Carboniferous-Permian coal measures of the Yangquan mining district, Yangquan, Shanxi

曲线特征 岩石名称	曲线类型	视电阻率 $\rho_s(\Omega \cdot m)$	自然电位 $\Delta V_{sp}(mV)$	自然伽玛 $Jr(\text{脉冲/分})$
粗粒砂岩		50~250 上为细砂岩时呈正松塔形		10~20
中粒砂岩		100~200,箱状	箱状	9~17 正松塔形,箱状
细粒砂岩		70~300,多峰状	低缓	4.5~17
粉砂岩		50~140,平缓	低缓、齿状	16~20
粉砂质泥岩		50~125,低值,齿状	低缓	18~24
泥 岩		35~50,低缓, 个别达 75~250	低缓,个别起伏较大	16~28
灰 岩		K ₂ :50~750, 有三层灰岩时均为剑状,高值 K ₃ :50~260 K ₄ :75~460	均为正值 K ₂ :最大,剑状 K ₃ :最小,多峰 K ₄ :介于上两者之间,剑状	5~22 K ₂ :剑状,低值 K ₃ 、K ₄ :笋状,燕尾状,低值

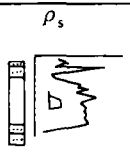
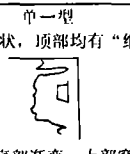
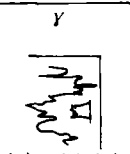
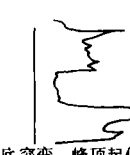
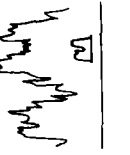
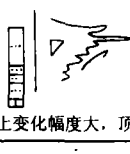
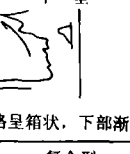
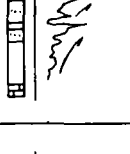
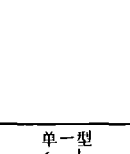
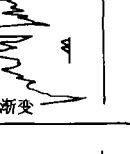
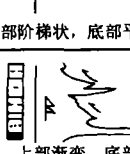
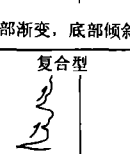
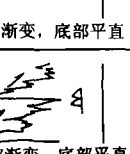
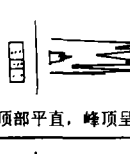
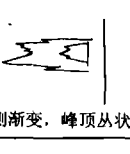
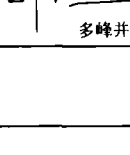
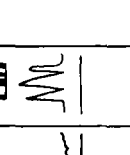
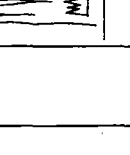
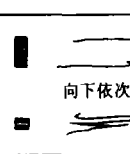
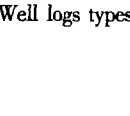
类别	曲线形态, 简化形式及组合形式, 顶、底面性质			环 境
箱状	 ρ_s 顶、底部突变	 S_p 单一型 均呈箱状, 顶部均有“细脖子” 底部渐变, 上部突变, 峰顶平缓	 γ 顶部突变, 底部渐变, 峰顶犬牙交错	河 流
	 顶底突变, 峰顶起伏较大, 由上往下渐趋降低	 顶底突变, 峰顶平缓	 顶底突变, 峰顶犬牙交错	河流 (具多阶形)
倒松塔型	 向上变化幅度大, 顶部平直	 单一型 顶部略呈箱状, 下部渐变	 顶部稍倾斜	河口砂坝 远砂坝 前三角洲 浅海
	 顶部平直, 向下渐变	 复合型 顶部平直, 向下渐变	 顶部平直, 向下渐变	河流 沼泽 河口砂坝 远砂坝 前三角洲 间湾
正松塔型	 上部阶梯状, 底部平直	 单一型 上部渐变, 底部倾斜	 上部渐变, 底部平直	滨海平原 覆水沼泽 前滨
	 上部渐变, 底部平直	 复合型 上部渐变, 底部平直	 上部渐变, 底部平直	天然堤 分流河道 泥炭沼泽
加积型	 顶部平直, 峰顶呈丛状	 单一型 上部突变, 下部渐变, 峰顶丛状	 两侧渐变, 峰顶丛状	前滨 (受潮汐水 流影响)
剑型(高阻低 γ)	 多峰并立, 顶部平直, 峰尖锐			浅海
		 略具起伏		泥炭沼泽
直线型				前三角洲
屋檐型	 向下依次降低			泥炭沼泽

图2 阳泉矿区测井曲线类型(据葛宝勋, 1984)

Fig.2 Well logs types for the Yangquan mining district, Yangquan, Shanxi (after Ge Baoxun, 1984)

2 沉积相及其环境分析

根据岩层的各种沉积特征,笔者认为本区的本溪组为滨岸潟湖-潮坪沉积,太原组为滨岸、碳酸盐台地三角洲的交互沉积,山西组为三角洲平原沉积(图3),现分析如下:

2.1 滨岸潟湖-潮坪沉积

发育在本溪组和太原组的下部,由滨岸砂坝、潮坪、潮道、潟湖和泥炭沼泽沉积组成。

滨岸砂坝 为细至粗粒石英砂岩,含砾石, Q 组分在 95% 以上,分选和磨圆度较好,杂基很少,硅质胶结。砂岩层中部粒度较粗,向顶部变细,具有粒序层理、砂纹层理和浪成波痕。

潮道 为岩屑长石石英砂岩, Q 组分为 65% 左右,分选差,磨圆中等,泥质胶结,砂岩中部粒度较粗,向顶部和底部变细,具有砂泥互层层理、波状层理、平行层理、楔状层理等。

潮坪 由砂岩、粉砂岩和泥岩互层组成,砂岩中 Q 组分为 80% ~ 90%,以长石石英砂岩为主,分选和磨圆较好,硅质胶结,具有水平层理、波状层理、透镜状层理和砂泥岩互层层理,层面上可见生物扰动构造。

潟湖 由暗灰色泥岩、铝质泥岩、含粉砂质泥岩组成,呈团块状、薄层状,具有水平层理、块状层理和波状层理,局部含植物化石碎片。

泥炭沼泽 滨岸砂坝、潟湖和潮坪的基础上发育而成,其硫分含量较高,以有机硫为主,反映了受海水影响的环境。本区的 T_{11} 、 T_{12} 、 T_{13} 煤层就是在泥炭沼泽基础上发育而成。

2.2 碳酸盐台地沉积

碳酸盐台地是一片延续很远、覆水极浅、坡度非常平缓具有碳酸盐沉积的平坦地带^[2]。本区主要沉积有生物碎屑微晶灰岩,包括 K_2 、 K_3 、 K_4 灰岩,富含筴、有孔虫、腕足、瓣鳃、海胆、海百合、珊瑚等动物化石及碎片,发育有风暴成因的冲刷面、丘状层理,具潜穴和虫孔化石。

2.3 三角洲沉积

该沉积主要发育在太原组上部和山西组,由前三角洲、三角洲前缘、三角洲平原和泥炭沼泽沉积组成。

前三角洲 由暗灰黑色泥岩和粉砂岩组成,含碳质和少量的植物化石碎片,铁质结核较多,具块状层理和水平层理。

三角洲前缘 在本区主要发育有河口砂坝沉积。一般为长石石英砂岩, Q 组分为 65% ~ 70%,分选、磨圆中等,泥质胶结,具有反粒序层理、波状层理、板状交错层理和小型楔状层理。

三角洲平原 包括分流河道,分流间湾和泛滥平原沉积。

(1)分流河道:是大陆河流在三角洲环境中的继续,在本区主要由各种类型的杂砂岩组成, Q 组分为 75% ~ 85%,成分复杂,分选差,磨圆中等,以泥质胶结为主,偶见钙质胶结,具明显的粒序层理,各种类型的板状、槽状和楔状交错层理,平面上呈带状分布,与下伏岩层呈冲刷接触。

(2)分流间湾:由粉砂岩和泥岩组成,薄层状,具有水平层理、透镜状层理和波状层理,富含铁质结核和植物化石碎片。

(3)泛滥平原:以粉砂岩和泥岩为主,夹细砂岩透镜体,具水平层理、透镜状层理、波状层理,富含植物化石碎片。

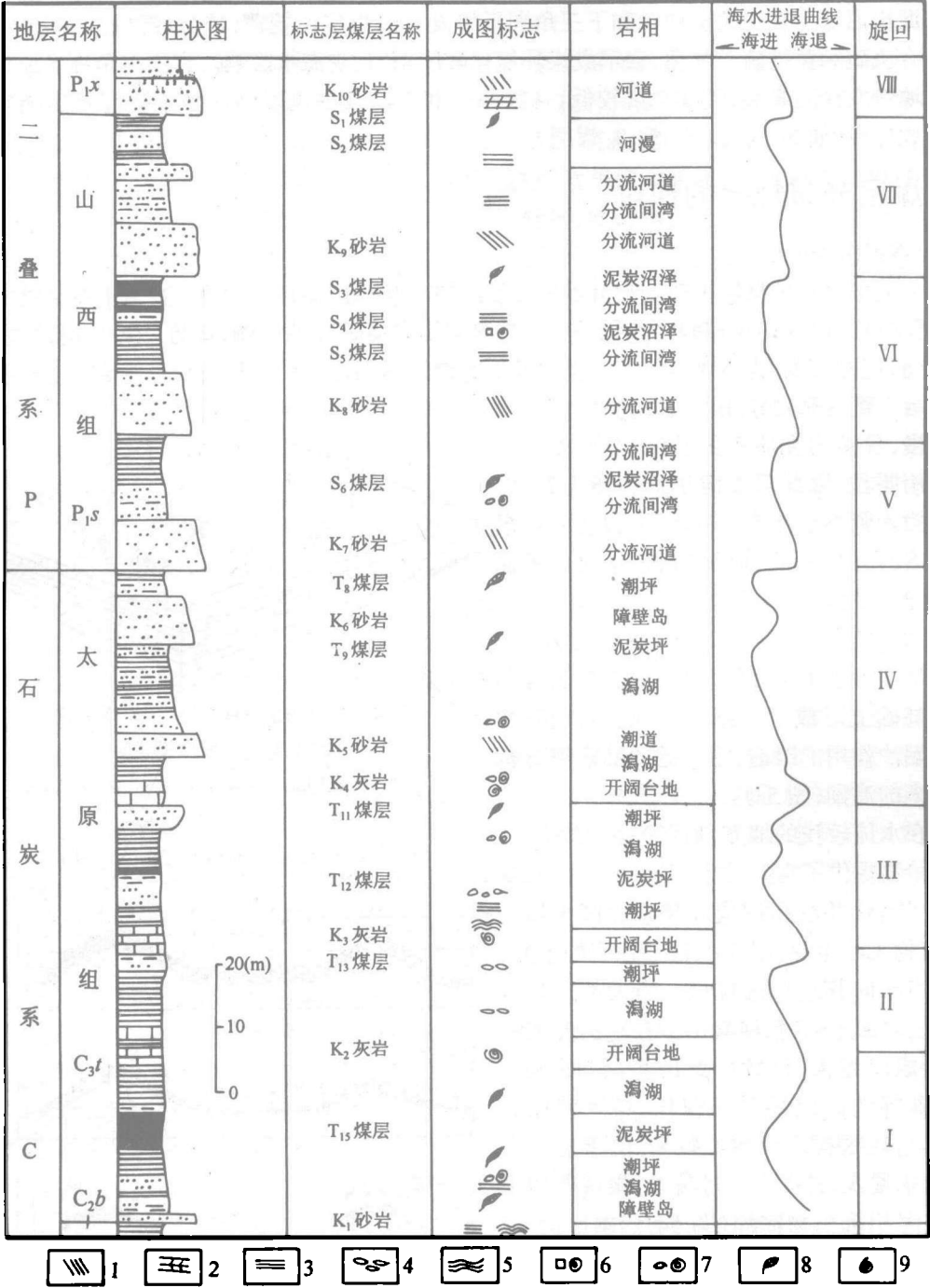


图3 太原组—山西组沉积时岩相古地理环境划分

Fig.3 Sedimentary facies and palaeogeography during the deposition of the Taiyuan and Shanxi Formations
1 = tabular oblique bedding; 2 = wedge oblique bedding; 3 = horizontal bedding; 4 = lenticular bedding;
5 = wavy bedding; 6 = pyrite concretion; 7 = siderite concretion; 8 = floral fossils; 9 = faunal fossils

泥炭沼泽 在三角洲前缘和下三角洲平原发育的煤层比较薄,硫分较高(如 T_8 、 T_9),而且以有机硫和黄铁硫矿为主,表示成煤环境比较闭塞,且受海水影响。在上三角洲平原以及过渡地带发育的煤层,硫分含量较低,一般小于 0.5%,反映泥炭沼泽处于受海水影响较弱的开放环境(如 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 煤层)。

3 煤层分布规律的探讨

3.1 本溪组

华北地台自中奥陶世后期抬升以后,经过漫长地质时期的风化剥蚀,直至中石炭世才下沉接受沉积,形成潟湖和海湾沉积环境。在潟湖和海湾朝陆地一侧,地势广阔平坦,加之气候湿润,植物繁茂,为本溪组沉积过程中发生的聚煤作用提供了有利条件。但该时期正值华北地台下沉受海侵作用的初始阶段,沉积速度缓慢,且多为泥质等细粒沉积物,差异压实作用明显,因此只要海平面稍微上升,沉积物输入则不足补偿,海水将会漫侵到潟湖和海湾的陆地一侧,淹没植物,从而中断泥炭沼泽的发育(图 4)^[3]。

3.2 太原组

早期继承了本溪组的特点,在潟湖和潮坪的基础上形成了一系列砂坝。它们受波浪和潮汐作用的改造,将广泛的陆表海分割成众多的潟湖(图 5a)。

在水体较浅的地方,地形高起的砂坝为高等植物提供了良好的生存场所,首先发生泥炭沼泽化并堆积泥炭。其它地区水体较深,植物无法生存(图 5b),随着地壳的上升,泥炭沼泽向其它地区扩展。当大部分地区抬升至水面附近时,泥炭沼泽在全区连成一片,形成厚度大、延续性好的煤层(图 5c)。由于砂坝地区成煤时间较长,煤层就比较厚,其它地区就比较薄。后来,由于地壳下沉,海水侵入,将泥炭沼泽覆盖,聚煤作用中断,被海相沉积物掩埋(图 5d)。本区的 T_{15} 煤层就是在这种环境下形成的。从 T_{15} 煤层的分布,揭示本区为东北部高、西南部低的古斜坡。西南方向地势低洼,面临广海,是水流的集中区,聚煤相对较差;而东北部地形相对较高,在这个较缓的古斜坡上是陆地与广海的过渡地带,堆积了具有经济价值的煤层。从煤层赋存情况来看,本区东北部较

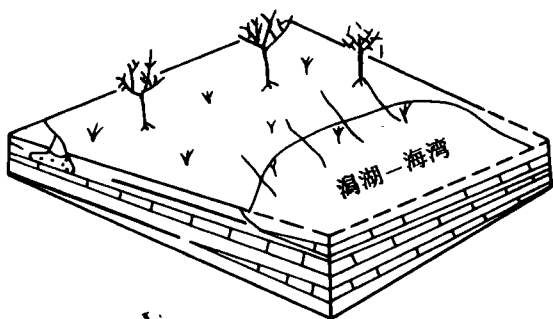


图 4 太原东山-寿阳勘探区聚煤模式
(本溪组潮坪聚煤模式)

Fig.4 Model for coal accumulation in the Benxi
Formation of the Dongshan-
Shouyang exploration district, Taiyuan, Shanxi

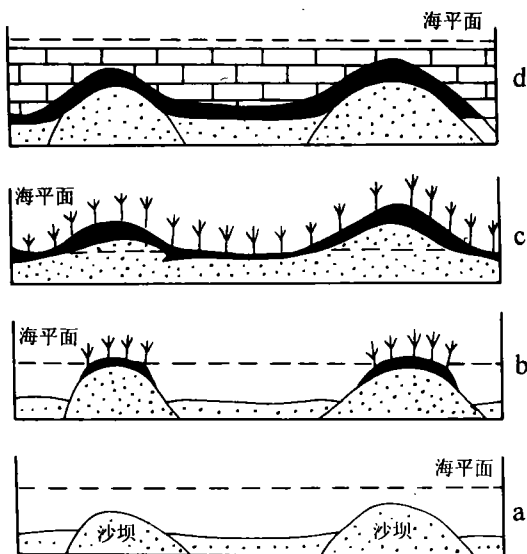


图 5 T_{15} 煤层成煤过程示意图

Fig.5 Sketch to show coal formation
in the T_{15} coal seams

厚,西部和南部煤层分叉变薄。

T_{15} 煤层沉积以后,本区海侵使得泥炭沼泽变为覆水较深的湖泊或潟湖,沉积了东部地区较厚,西部地区变薄甚至尖灭的黑色泥岩,而西部石灰岩直接与煤层接触。之后海侵作用加剧,使得本区变成浅水碳酸盐台地,沉积了太原组的三层灰岩(K_2 灰岩,即四节石灰岩; K_3 灰岩,即钱石灰岩; K_4 灰岩,即猴石灰岩)。本区三次海侵规模越来越小,沉积物的厚度也依次变薄。海侵过后,滨岸河流三角洲逐渐向海建设延伸,使得本区地形变得平缓。在 K_2 沉积以后,随着河流三角洲向西南部地区推进,在河流间湾、河漫滩地区普遍堆积了 T_{13} 煤层。在 K_3 灰岩沉积以后,东北部河流三角洲向西南部推进,此时东北部地势相对较高,西南部地势相对较低。随着三角洲分流河道废弃,砂体下沉,在水体相对较深的情况下,砂坝地形为高等植物提供了相对良好生物生存环境,在此砂坝也起到一种“垫子”作用, T_{12} 煤层就在此基础上形成,沉积模式同 T_{15} 煤。本区 T_{12} 煤层的平面分布也是东部、北部煤层较厚,向西南煤层变薄分叉。

晚期,本区地形变得平缓,海侵减退,岸进增强,东北部地区逐渐升高,在河口砂坝和分流河道的两侧发育了泥炭沼泽,并形成了 T_9 、 T_8 煤层。煤层与下伏砂体呈消长关系,并且煤层朝砂体分叉、变薄;在远离砂体地带,煤层合并变厚。

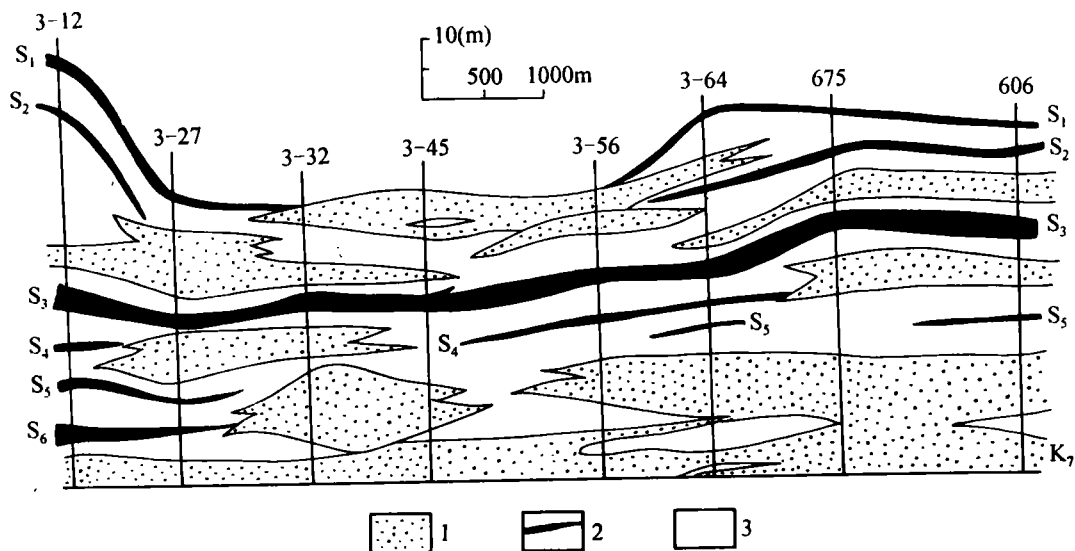
在本区范围内, T_8 、 T_9 煤层发育程度主要受第一砂岩 K_5 ,第二砂岩 K_6 的制约。当第一砂岩发育时, T_9 煤层变薄甚至尖灭,当第二砂岩发育时, T_8 煤层变薄分叉,如两层砂岩同时发育时,则 T_9 煤层尖灭、 T_8 煤层分叉。煤质则变得灰分含量更高。由于本区地形北高南低,陆缘碎屑主要来自于北方,因此在北部厚砂体存在部位,差异压实小,形成相对较高的地形,成煤时间短,泥炭堆积的厚度则薄,也不利于泥炭被覆盖而保存,因此成煤作用变差;西南部地区,地形相对低洼,有利于泥炭沼泽发育和保存,成煤作用较好。正因为如此,三矿井田 T_8 、 T_9 煤层聚煤作用南部好北部差,呈现向南迁移规律。 T_8 煤堆积以后,本区再次发生海侵,淹没了泥炭沼泽,保持了比较稳定的前三三角洲沉积环境。从本区海相泥岩厚度分布来看,本区东部较厚,西部地区较薄,反映了三角洲体系处于向海方向逐渐变薄的总趋势。

3.3 山西组

由于海平面下降,本区逐渐露出水面,向上三角洲平原过渡,以分流河道为主体,其两侧为低洼的泛滥平原。在气候适宜的条件下,泛滥平原发生沼泽化,开始堆积泥炭。 S_6 煤层就是在此环境下堆积形成的。

当时,本区东部高、西部低,有一条流向为 NWW 向的河流经过本区,沉积了 K_7 砂岩。在河流间湾地带,形成 S_6 煤层。 S_6 煤层厚度变化较大,且连续性较差,多呈片状或零星状分布,北部呈近东西方向带状分布;南部发育相对较好,多呈南西方向的片状分布。 S_6 煤层沉积以后,河流进积作用加强,在河流下游或决口扇处沉积的砂岩(即 S_6 煤老顶砂岩)与 K_7 砂岩合并形成厚层状砂岩层。此时 S_6 煤层尖灭,其老顶砂岩变薄或相变为砂质泥岩。

S_6 煤沉积后,特别是 S_6 煤老顶砂岩沉积后,水进、水退变化不明显,其局部低洼地区发生泥炭沼泽化,沉积 S_5 、 S_4 煤层。此后分流河道改道,形成废弃的三角洲朵叶。在此三角洲朵叶基础上,由于沉积物的差异压实作用,地形低平,植物繁殖,形成了本区1~3m的 S_3 煤层。 S_3 煤层形成后,河流又通过决口等方式返回本区,发育了与流向 K_7 砂岩不同的 S_3 煤层老顶砂岩。在此情况下形成的新朵叶前三三角洲和三角洲前缘沉积不发育。此环境下聚煤条件比较稳定,形成的煤层厚度大,延续性好,其厚煤带与下伏分流河道呈错位关系(图6)。

图 6 S_1 — S_6 煤层与砂岩相变图

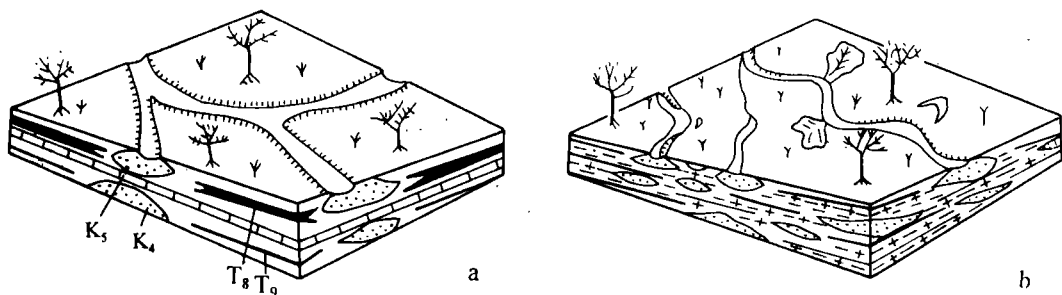
1. 砂岩; 2. 煤层; 3. 粉砂、泥岩

Fig. 6 The relationship between S_1 to S_6 coal seams and sandstone facies changes

1 = sandstone; 2 = coal seam; 3 = silt and mudstone

在 S_3 煤老顶砂岩沉积过程中, 由于局部地区的差异压实作用和河流溢岸流以及河道决口等, 造成对 S_3 煤层的冲蚀, 在河道决口处常造成冲蚀范围大, 呈扇状和席状形态。从 S_3 煤的平面展布来看, 本区西北地形相对较高, 聚煤条件较好, 泥炭沼泽发育, 煤层较厚, 而在南东部地形相对较低, 以河流沉积作用为主, 聚煤作用差, 泥炭沼泽不发育, 形成的煤较薄。

在 S_3 煤形成分流河道顶板的同时, 在分流间湾、河漫滩地区泥炭沼泽相对发育, 形成了局部可采 S_2 煤层和全区不可采的 S_1 煤层(沉积模式见图 7)

图 7 太原东山-寿阳勘探区山西组、太原组聚煤模式^[3]

a. 太原组: 浅水三角洲平原聚煤模式; b. 山西组: 滨海冲积平原聚煤模式

Fig. 7 Model for coal accumulation in the Shanxi and Taiyuan Formations of the Dongshan-Shouyang exploration district, Taiyuan, Shanxi

a. Model for coal accumulation in the Taiyuan Formation, i.e. the model for coal accumulation on a shallow-water delta plain; b. Model for coal accumulation in the Shanxi Formation, i.e. the model for coal accumulation on a littoral alluvial plain

4 结论

(1)本区石炭纪、二叠纪含煤地层形成于海陆过渡环境。本溪组为滨岸潟湖-潮坪沉积,太原组为滨岸、碳酸盐台区和三角洲的交互沉积,山西组为三角洲平原沉积。

(2)煤层的形成、赋存和厚度分布主要受基底和沉积环境的控制。在滨岸砂坝基础上形成的煤层厚度较大,其厚煤带与下伏砂体呈叠状关系;在三角洲前缘基础上形成的煤层厚度薄,其分布局限在河口砂坝之上;在上下三角洲平原之间的过渡带形成的煤层厚度大,其厚煤层与下伏砂体呈错位关系。

参考文献:

- [1] 葛宝勋. 含煤岩系沉积环境研究方法[R]. 焦作矿业学院, 1984.
- [2] 武汉地质学院. 中国煤田地质学[M]. 北京:地质出版社, 1980.
- [3] 陶成才, 杨起, 李宝芳. 太原东山-寿阳勘探区含煤岩系沉积模式及其预测意义[J]. 岩相古地理, 1990, 10(2).

Depositional environments of the coal-bearing strata and their controls on coal seams in the Yangquan mining district, Shanxi

JIAO Xi-ying¹, WANG Yi²

(1. Yangquan Coal School, Yangquan 045001, China; 2. Yangquan Third Coal Mine, Yangquan 045008, China)

Abstract: The exposed strata in the Yangquan mining district, Yangquan, Shanxi consist, from east to west, of the Ordovician, Carboniferous and Permian strata.

The coal-bearing strata here are mostly composed of Upper Carboniferous Taiyuan Formation and Lower Permian Shanxi Formation, and laid down in the terrestrial-marine transitional environments. The Taiyuan Formation represents a succession of mixed littoral, carbonate platform and deltaic sediments, while the Shanxi Formation represents a succession of delta plain sediments. The occurrence and thickness of the coal seams are controlled by depositional environments. For instance, the coal seams developed on littoral bars tend to be relatively thick, with thick coal seams overlying upon the underlying sandbodies; those grounded on delta fronts tend to be less thick and arranged locally upon the channel mouth bars, and those in the transitional zones between upper and lower delta plains also tend to be relatively thick, with thick coal seams unconformably overlying upon the underlying sandstone bodies. The results of study have assisted in the further exploration and exploitation of coal resources in the study area.

Key words: depositional environment; coal formation; coal thickness and occurrence