

河南省平顶山煤田晚石炭世太原组 沉积环境和聚煤沉积特征

周慧堂 付泽明 李 祯 雒增强

(中国地质大学, 北京)

杜士清 宋志坚

(129煤田地质勘探队, 邯郸)

提要 平顶山煤田的太原组属于混合型的碳酸盐浅海和陆源碎屑海岸沉积。下部和上部灰岩段主要形成于滨海潮间带和浅海中, 并在其中发育有风暴浊流沉积。中部碎屑岩段为障壁岛-泻湖-潮坪体系沉积。太原组煤的显微组分为镜质煤, 煤质属于低灰高硫煤。

主题词 煤系沉积环境 滨岸潮间带 浅海相 风暴浊流 障壁岛 泻湖 潮坪 聚煤特征

第一作者简介 周慧堂 男 28岁 讲师 煤沉积学

河南省中部的平顶山煤田是我国重要的煤炭基地之一, 总面积 330km²。含煤地层为晚石炭世的太原组、二叠纪的山西组和上、下石盒子组。本文主要讨论太原组的沉积环境, 并对聚煤特征作一概略分析。

太原组沉积厚度稳定, 厚 60~90m, 一般厚 70m。由灰岩、碎屑岩、煤层组成的层序多次交替重复出现, 属于混合型的碳酸盐浅海与陆源碎屑海岸沉积。太原组根据岩性可进一步分为下部灰岩段; 中部碎屑岩段和上部灰岩段。本区太原组的三分性不如邻区的禹县、宜洛庙沟及陕湍煤田的明显, 但海相地层单位(主要指灰岩)的厚度以及旋回数都比上述三区的要多, 沉积厚度也较大(图1)。

一、沉积相的类型

根据岩心的直接观察、室内镜下分析及做图等太原组划分的几种沉积相及其特征如下:

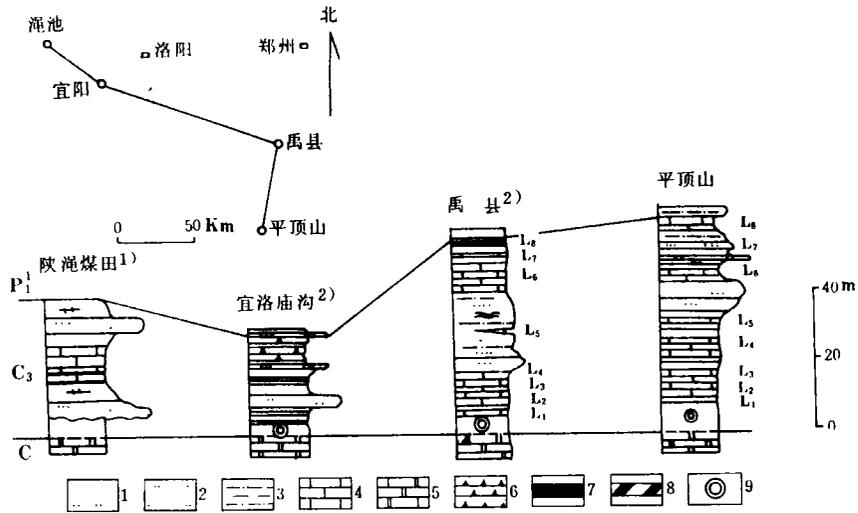
1. 潮间带沉积相

为灰色微晶泥灰岩与深灰色生物碎屑灰岩呈波状的互层。生物潜穴多具简单垂直的管或U形管以适应潮间地区多变的水介质和沉积条件, 达到保护自己藏身的目的。此带大致相当于赛拉赫(Seilacher, 1976)遗迹化石的 Scolithos 相带。潮间带的上下或为以发育较好水平生物潜穴为特征的浅海相沉积, 或者在潮间带的下部为浅海相沉积, 而在其上为碎屑潮坪~泻湖相沉积。

2. 浅海沉积相

为深灰色生物碎屑灰岩。含多门类生物碎屑, 生物碎屑含量一般高于 35%, 主要生物种类有有孔虫、腕足类、介形虫和海百合茎等。这些生物化石保存完好, 如介形虫两壳保存。

生物混杂堆积，分选差，所以为原地埋藏，可以反映其生活时的环境。这些生物化石所代表的环境比潮间带的水体要深些，属于比滨海地区较深的浅海区。灰岩中发育较好的水平生物潜穴亦为证据。因为在浅海区，海水盐分正常，温度随季节而变化，海水中氧含量丰富，水流除有风暴外，基本上稳定。因居住在这个区域的生物以底栖动物为主，种类较多，可以形成栖息迹及爬行觅食遗迹，许多潜穴动物造成缓倾斜或近水平的觅食管孔。与潮间带相比，浅海相沉积在本区更为重要，它代表灰岩的主要沉积相，沉积物保存厚度也较大。



1.中、细粒砂岩 2.粉砂岩 3.粉砂质泥岩 4.灰岩 5.白云质灰岩
6.燧石灰岩 7.煤层 8.炭质泥岩 9.铝土质泥岩

图1 平顶山煤田太原组与邻区太原组对比图

Fig.1 Correlation columns of Taiyuan Formation of Pingding Shan coalfield with adjacent areas.

3. 浅海相中的风暴沉积

在本区以灰岩为代表的浅海盆地内发育有风暴浊流沉积，其发育较全的层序如下：风暴层的底部（单元 a）为凹凸不平的侵蚀面。底部单元之上为灰色粗屑层（单元 b），厚 1~2cm，为向上略有递变的粗砂—细砂级生物碎屑和钙质砂屑。深色碎屑岩性特征与底部单元之下的正常浅海沉积一致。这些粗屑为大致平行于底层的伸长状，略显示一定的成层性。粗屑层之上为深灰色细粒屑纹层（单元 c），厚度 5~7cm，主要由细粉屑和细骨屑组成。粒度向上变细，递变性明显。再向上为灰色泥晶层（单元 d），厚 7~8cm。层序的顶部为均一致密的泥晶单元（单元 e），厚度大于 4cm，发育较好的生物潜穴。另外在一些钻孔岩心中见有与泄水构造成因机理相同的变形构造。根据能量大小，可把风暴活动期分为两大阶段：高能的风暴高峰阶段和能量衰减的风暴晚期 / 风暴期过后阶段。风暴处于高峰状态时，由于海浪表面波长增大和风暴引起涡流而使受干扰的海底（浪基面）的深度与晴天相比大得多，因而在保存的风暴层层序底部形成不规则的侵蚀面（a 单元），并在侵蚀面上形成一些小型的

充刷充填构造。因为在风暴期间, 悬浮物发生分异, 而当风暴减弱时, 沉积物按粒级逐渐变细依次沉积而形成粒序层 (b 单元)。因风暴层的 b 单元的碎屑与下伏岩性相同, 这就证明风暴层是由受机械作用改造过的物质组成的。风暴高峰期形成的风暴层包括: 岩层底面的侵蚀标志和上覆有大量的具下伏岩性的内碎屑 (即层序中的 a、b 单元)。这种内碎屑仅代表一种被改造和扰动了的簸扬物质, 而未经过长距离的搬运。风暴高峰阶段过后, 随之而来的是风暴能量衰减阶段, 在此阶段随风暴能量的逐渐减弱而形成粒序层 (c、d 单元), 它代表风暴浊流的主体部分, 风暴层中水平纹层表明沉积物是由风暴引起的浑浊液体在风暴能量降低时沉积下来的, 而不是由有交错层理显示的底床移动的结果。

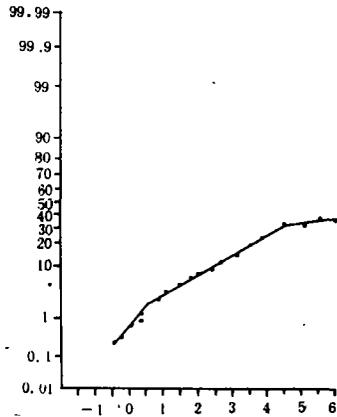


图2 灰岩段中的风暴岩概率曲线

Fig.2 Probability curve of tempestite in limestone member

表1 本区风暴沉积与正常沉积的主要区别

Table 1 Main differences between tempestites and normal sediments in the study area.

沉积条件 区别内容	正常浅海相沉积	浅海相风暴沉积
旋回底界面	渐变或突变	全为突变, 常见侵蚀面
浊流沉积	无或极少见	常见, 但层序一般发育不全
生物遗迹	多见, 并保存较好	无, 或仅在内碎屑中有

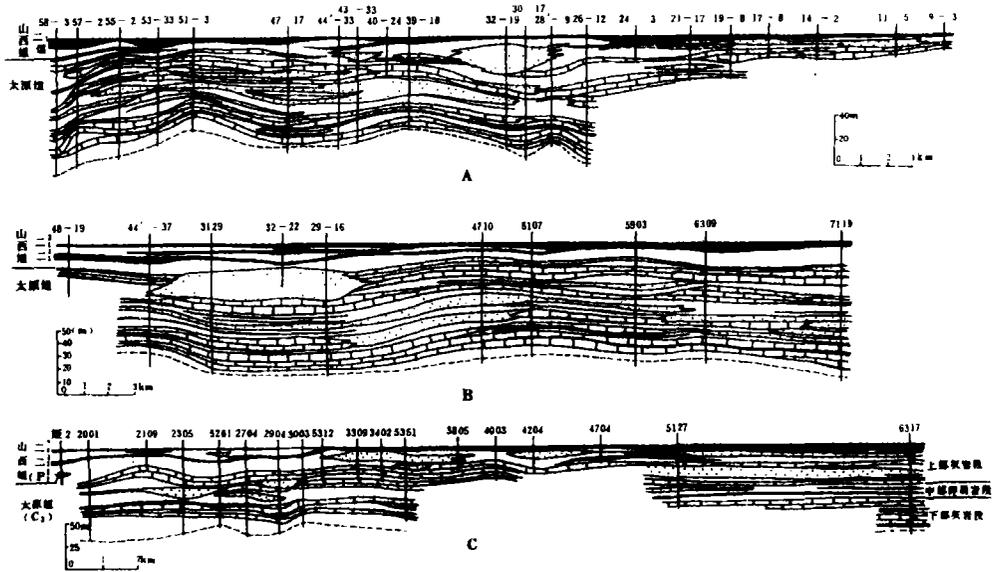
Reineck 和 Singh (1972) 认为水平纹理是当风暴衰退期间在缓慢的运动的的水流 (20cm/s) 条件下从由风暴引起的悬浮浑浊物中沉积下来的。顶部单元的泥晶沉积代表风暴期后好天气开阔浅海盆地相碳酸盐沉积。当两次风暴间隔不长时, 在前期风暴沉积未被较好压实之前, 发生的第二次风暴的快速沉积会使下伏沉积物形成一些变形构造。

风暴浊流在概率曲线上 (图 2) 有较明显的反映, 其主要特征如下: ①曲线基本由悬浮总体所组成, 粒度区间大 (从 $0.5\Phi \sim 6\Phi$); ②曲线基本呈一向上凸的直线, 直线斜角 $10^\circ \sim 30^\circ$, 分选很差; ③跳跃总体非常不发育, 仅占 1% 左右, 斜角 50° 左右, 分选中等。

风暴沉积代表的“灾变性”事件使正常事件的水盆地沉积形成间断, 风暴沉积多次有规律的出现, 则会与正常事件的沉积形成规则或非规则的交替沉积, 即所谓的“灾变性”事件与正

常事件引起的旋回结构。本区风暴沉积与正常沉积的主要区别见表1。

研究区位于华北地台南部，除本区外，在华北、东北等地相同层位中也发育有风暴沉积(孟祥化等, 1986)。联系起来不难看出，在晚石炭世太原组沉积期广阔的华北陆表浅海常遭到风暴袭击，从而在地质记录中保存有风暴沉积。实际上在晚石炭世，华北沉积盆地的古斜坡向南倾斜，南部与古秦岭海域相连，有利于大洋风暴的侵袭。本区处在这种占地理环境下，形成前述的风暴沉积是不难理解的。



A、B、研究区南部沉积断面；C、十二矿到首山普查区沉积断面。

图3 平顶山煤田太原组沉积断面

Fig.3 Cross sections of Taiyuan Formation in Pingdingshan coalfield.

4.障壁岛相

前述滨、浅海相和浅海相中的风暴沉积主要在下、上灰岩段中发育，而障壁岛-泻湖-潮坪体系则主要在中部碎屑岩段中发育。障壁岛相主要特征如下：①岩性以成熟度很高的石英砂岩为主，石英含量达95%以上，分选磨圆都十分好，硅质胶结，这种成熟度高的沉积反映了滨岸地带的强水动力条件以及沉积物经过较长距离搬运的结果；②显示粒度向上变粗的层序，如32-18孔、44，-37孔和47-17孔等(图5A)都显示由底部的粉砂岩向上变为细砂岩和(或)中粒砂岩的层序；③中部碎屑岩段砂体图反映的障壁岛相为一带状砂体，走向大致为东西向，厚度主要为4~12m。障壁岛向北一侧为泻湖-潮坪沉积，而向南为浅海。在通过障壁岛砂体走向的东西向沉积断面上(图3B)，障壁岛砂呈连续性较好的毯状砂体，在南部断面(图3A)上，44-33孔至32-19孔间发育的砂体也为障壁岛砂体。在本区北部近陆一侧的断面上(图3C)，中部碎屑岩段以细碎屑为主的沉积区的砂体是障壁岛后的潮道(沟)沉积。

5. 潮道相

其主要特征如下: ①与障壁岛砂岩相比, 潮道相砂岩的石英含量减少, 一般为 70~75%, 磨圆较差, 但分选较好, 含有 20%左右的泥质岩屑、粉砂质泥岩屑和炭屑等, 胶结物为细粒泥晶碳酸盐; ②砂岩中大型板状交错层理发育, 层面含炭屑, 底部有泥砾, 显示粒度向上变细的垂直层序, 如 5116 孔不仅砂岩厚度大 (大于 18m), 而且向上变细层序十分明显; ③中部碎屑岩段砂体图上显示自南向北分叉变薄的带状砂体, 与障壁岛砂体基本垂直, 砂体厚度一般为 4~12m。在沉积断面 (图 3C) 上, 2305 孔至 2904 孔 (13 矿区内) 间主要表现为透镜状的砂体是潮道 (潮沟) 砂体。

6. 泻湖~潮坪相

由深灰色、灰黑色的粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩等组成。含有较多的植物叶片和根化石, 泥岩中黄铁矿结核常见。典型的沉积构造有波状层理、透镜状层理和砂、泥互层层理等。生物扰动构造及生物潜穴在互层的沉积物中发育, 生物潜穴以高角度倾斜或近乎直立的为主, 反映水体较浅。这些都是潮坪环境中较标志的特征。黑色泥岩及其中所含的较多的黄铁矿结核代表较为闭塞的环境, 它们可能是障壁后泻湖区的沉积。这种相在平面上分布于东西向障壁岛向北一侧和潮道 (沟) 沉积的两侧。在沉积断面 (图 3C) 上 5127 孔至 7119 孔 (首山普查区) 的薄层砂体可能代表砂坪沉积, 以其薄而分布稳定为特征。垂向上, 泻湖—潮坪相位于障壁岛相或潮道相之上, 有时则直接在正常海相沉积之上发育。

7. 沼泽相和泥炭沼泽相

沼泽相为灰色、深灰色泥岩、粉砂质泥岩, 含有较丰富的植物叶片和根化石, 厚度不大, 一般厚 2~3m。泥炭沼泽相以煤层为代表, 一般为光亮煤、半亮煤, 多呈粉末状, 沼泽相一般发育在障壁岛、泻湖~潮坪相之上, 或直接在由浅海演变而成的滨海平原上发育。

二、垂向沉积层序及其特点

前已述及, 太原组可分为三段, 它们在垂向上构成海进—海退—海进的大旋回。下面分述各段的层序。

1. 下部灰岩段垂向沉积层序

本段层序由海相灰岩和不甚发育的碎屑岩和煤层组成, 它们构成的层序多次重复出现, 层序厚度不一, 一般厚 2—10m。层序数一般 4~5 个, 砂岩 (主要为潮道沉积) 发育的地方, 层序数减少, 如 4710 孔仅有 3 个层序 (图 4)。层序的构成为: 下部是海相灰岩沉积; 上部为薄的细碎屑岩和煤层沉积。海相灰岩沉积又可分为正常事件沉积 (浅海相和潮间带沉积相) 和非正常事件的风暴沉积。44'—37 孔下部灰岩段的层序可作为本段的典型层序 (图 4)。下部灰岩段在近上部有时发育有潮道相, 图 4 的 4710 孔可为代表。

2. 中部碎屑岩段垂向沉积层序

中部碎屑岩段主要为障壁岛—泻湖—潮坪体系沉积, 主要层序类型有:

(1) 发育有障壁岛相 其下为浅海相泥岩和灰岩, 其上为潮道相、泻湖—潮坪相, 这种类型层序代表海退序列, 在本区障壁岛发育的地区常见, 如 32—18 孔、47—17 孔等 (图 5a、b)。在障壁岛不同部位, 层序又不完全相同, 障壁岛中心部位层序是简单的向上变粗再变细层序, 如 32—18 孔 (图 5a)。障壁岛边部层序的特点是呈锯齿状整体向上变粗再变

细, 这反映障壁岛因海平面的升降向陆或向海方向反复迁移叠置的结果, 如 47—17 孔等 (图 5a)。与海退型层序相反的是海进型障壁岛序列, 这种层序不常见, 仅在障壁岛向泻湖—潮坪一方发育, 这说明障壁岛向陆相一侧有退积, 如 44'—37 孔 (图 5c)。以上层序的顶部基本上都发育有煤层或炭质泥岩。

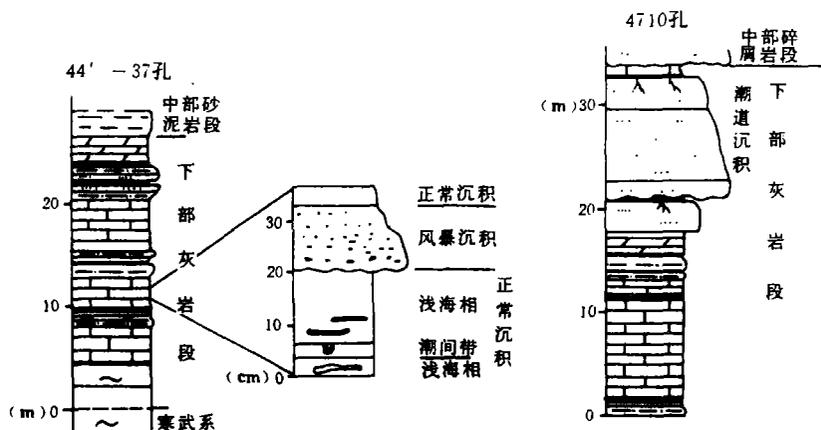


图 4 下部灰岩段垂向沉积层序

Fig.4 Vertical sequences of Lower Limestone Member.

(2) 以主要发育障壁岛后的潮道相为特征 潮道相的上下一一般为泻湖—潮坪相, 潮道相本身显示粒度向上变细, 发育大型板状交错层理, 这种类型层序以 5116 孔和 6317 孔等 (图 5d、e) 为代表。

(3) 以主要发育障壁岛后的泻湖—潮坪相为特征 (图 5f、g) 这种类型的层序广泛分布于障壁岛后的潮道 (沟) 之间, 如 6301 孔 (图 5f) 泻湖—潮坪相上下为浅海沉积。当距障壁岛或潮道较近时, 往往发育砂坪及沼泽, 如 5123 孔 (图 5g) 主要为砂坪和沼泽相。

3. 上部灰岩段的垂向沉积层序

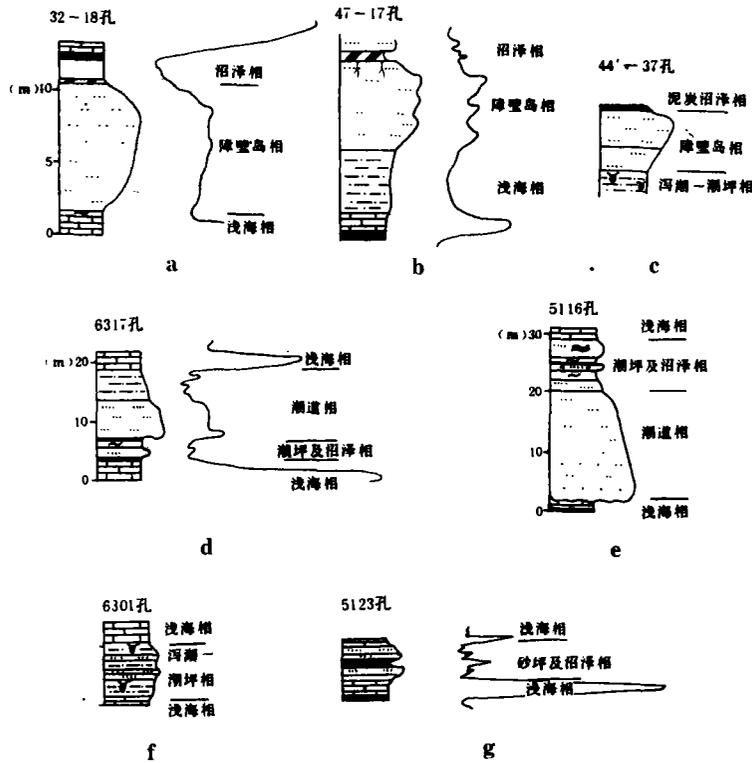
本段层序与下部灰岩段层序相比, 在层序构成、厚度及层序数等方面都相似。但上部灰岩段的潮道及砂坪沉积更为发育些。如 5127 孔上部灰岩段的中部主要发育了一套潮道沉积, 其上下都为浅海相沉积。

三、沉积体系和聚煤特征

1. 混合型海岸沉积体系和浅海沉积

根据沉积物质组成, 可将海岸分为以碎屑沉积为主的碎屑海岸沉积, 以碳酸盐沉积为主的碳酸盐海岸沉积以及介于二者之间的碎屑—碳酸盐混合型海岸沉积 (Selley, R.C., 1985)。本区太原组由碎屑岩—碳酸盐岩交替组成, 代表了混合型海岸沉积。混合型海岸沉积条件受下列因素所控制: 带入到海岸的碎屑沉积物的量较少; 海岸本身的基底向海一方的

倾斜十分平缓; 潮汐作用带以及平行于滨线的相带分布较宽阔 (Selley, R. C. 1985)。在这种条件下, 碎屑沉积物就堆积在河口的周围, 而没有足够的水流作用改造这些沉积物, 也就



a.障壁岛中心部位的海退层序; b.障壁岛边部的海退层序; c.海进的障壁岛层序;
d、e.潮道相为主的垂向层序; f、g.泻湖-潮坪相为主的垂向层序。

图 5 组成中部碎屑岩段的几种不同类型的垂向层序

Fig.5 Several types of vertical sequences in the Middle Clastic Member.

不能够将它们搬运到岸线上, 因此碳酸盐沉积作用在滨岸相对较为重要, 形成一些潮间带碳酸盐的沉积。在垂向上, 由于碎屑岩沉积作用过程和碳酸盐的沉积作用过程交替出现, 而形成混合型海岸沉积。因本区的障壁岛砂体走向近东西, 所以推断当时的岸线为近东西向, 这与据区域沉积格架分析所得的海岸线近东西向, 南海北陆的格局是一致的 (李宝芳等, 1986)。

2. 聚煤特征

太原组一般 5~6 层, 煤最多可达 10 余层 (如 32-15 孔、5903 孔等), 少者仅 2 层或缺失。煤层厚度较小, 煤层总厚度从 0.33m 到 10.73m, 平均厚度 3.36m (130 个孔厚度平均)。垂向上在煤层下部或煤层底板为细碎屑岩, 并含根化石, 而煤层顶板为灰岩, 这说明

当滨海地区被碎屑充填之后,才利于沼泽发育并形成煤层。中部碎屑岩段障壁岛—泻湖—潮坪相之上的煤层不发育,一般为不连续的薄透镜体(图3A、B、C)。因为障壁岛相之上主要为泻湖—潮坪相,所以在障壁岛上的煤层不发育可能是海退迅速所致。也可能是因障壁岛在向陆、向海的方向反复迁移(见本文层序特点部分)使沼泽不能很好发育。

表2 太原组各煤层煤显微组分的含量平均值

Table 2 Average maceral composition of the coals in Taiyuan Formation.

煤 层 编 号	有 机 组 分				无 机 组 分				
	凝 胶 化 组 分	半 凝 胶 化 组 分	半 丝 质 组 + 丝 质 组	稳 定 组	粘 土 类	硫 化 铁 类	碳 酸 盐 类	氧 化 硅 类	合 计
— 7	63.9(2)	6.2(2)	29.8(2)	0.2(2)	11.8(2)	0.9(2)	2.3(2)	0.9(2)	15.7
— 6	83.5(3)	4.1(3)	12.3(3)	0	3.6(3)	7.6(3)	1.0(2)	0.1(1)	11.9(3)
— 5	85.9(7)	4.1(7)	10.0(7)	0	5.9(7)	1.1(7)	0.79(7)	0.1(3)	5.9(7)
— 4	77.4(5)	4.22(5)	17.4(5)	1.0(5)	10.74(5)	1.86(5)	2.73(3)	0.1(2)	7.3(5)
— 1	79.1(5)	4.28(5)	16.28(5)	0.9(5)	7.48(5)	2.54(5)	0.88(4)	1.4(2)	11.3(5)

注: (4) 为参加统计个数; 资料据平顶山矿务局及煤炭部一公司 129 队。

根据镜下鉴定,本区太原组煤的显微组分如表2所示。从表中可看出,煤的显微组分在上下各煤层中变化不算很大,其共同特点是:以镜质组为主,达70~90%,其次是以丝质组、半丝质组为主的惰性组占1.0~29.8%,而壳质组仅为0~1.0%,因此显微煤岩类型为微镜惰煤。煤中无机组分以粘土类为主,从3.6~11.8%,黄铁矿含量高是太原组煤的特征。

表3 太原组煤硫分和灰分(平均值)

Table 3 Average ash and sulphur content of coals in Taiyuan Formation.

煤层编号	煤质	十三矿	香山寺井田	首山普查区
— 8 煤	灰分 硫分			22.71(1) 3.27(1)
— 5 煤	灰分 硫分		6.29—21.03 / 13.6(5) 3.87(1)	5.0(1)
— 4 煤	灰分 硫分	7.09—39.91 / 20.42(14) 3.05—6.11 / 4.81(9)	3.13—21.98 / 9.9(13) 4.59—5.42 / 4.88(3)	13.5(1)
— 3 煤	灰分 硫分		10.9—25.46 / 13.84(10) 4.36—7.81 / 5.48(5)	
— 1 煤	灰分 硫分			10.84(1) 4.75(1)

注: 6.29—21.03 / 13 / 6(5) = 最小值—最大值 / 平均值(参加统计个数)

太原组各煤层煤的硫分和灰分平均含量见表3。由表3可以看出,各煤层平均灰分从9.9~20.4%,一般为10%左右,平均硫分3.87~5.48%,一般为4%左右,属于低灰(灰分10~15%)(部分为中灰)、高硫(硫分高于4.0%)煤(杨起等,1979)。以上这些特征表明太原组煤形成于咸水—半咸水的滨岸沼泽中,由高等植物的木质部分在覆水不太深的弱氧

化（或还原介质）的条件下，在大量细菌的参与活动下，经过充分的生物化学变化（以凝胶化作用为主）而形成的。

本文是由中国地质大学（北京）和煤炭部第一勘探公司一二九地质队共同提交的“平顶山煤田石炭二叠纪煤系沉积环境和聚煤特征”科研究报告的一部分。该课题研究是由杨起教授和李宝芳副教授负责和实际指导完成的，刘光华、温显端讲师和杨韧义等同志参加了工作。工作过程中得到徐嘉谟总工程师、何兆钟总工程师、汤沛勋、王洪林、刘太顺和罗明州等工程师、李洪贵同志以及其它同志的指导和帮助。河南煤田地质勘探公司四队赵元振、韩文俊工程师、平顶山矿务局地测处资料室、地质大学的绘图室、照相室和磨片室以及一二九队磨片室等单位和个人给予我们热情支持和帮助，在此一并致以衷心谢意。

收稿日期：1988年1月2日

参 考 文 献

- (1) 孟祥化等，1986，沉积学报，第4卷，第2期，1—18页。
- (2) 地质矿产部成都地质矿产研究所，1985，国外沉积和矿产——风暴流和风暴岩(专集)，第1期，1—5页。
- (3) 杨起主编，1979，中国煤田地质这（上册），煤炭工业出版社。
- (4) 周慧堂等，1987，现代地质，第1卷，第3、4期（合刊），378—389页。
- (5) Galloway, W. E., Hobday, D.K., 1983, Terrigenous Clastic Depositional Systems. p.115—114. Springer-Verlag New York. Inc.
- (6) Reineck, H.E., Singh, I.B., 1972, Sedimentology, Vol.18, p.123—128.
- (7) Selley, R. C., 1985, Ancient Sedimentary Environments. Chapman and Hall, London.

DEPOSITIONAL ENVIRONMENTS AND COAL-FORMING SEDIMENTARY CHARACTERISTICS OF TAIYUAN FORMATION OF LATE CARBONIFEROUS IN PINGDINGSHAN COAL-FIELD, HENAN PROVINCE

Zhou Huitang Fu Zeming Li Zhen Luo Zengqiang

(China University of Geosciences, Beijing)

Du Shiqing Song Zhijian

(The Exploring Team of Coal-field, No.129, Handan)

Abstract

Pingdingshan coal-field, which is located in the middle part of Henan province, is one of the major coal basins in China. The coal-bearing area is 330 km². The coal-bearing strata are the Taiyuan Formation of Late Carboniferous, Shanxi Formation of early Early Permian and Shihezi Group of late Early to early Late Permian. Mainly discussed in this paper are the depositional environments and coal-forming sedimentary characteristics of Taiyuan Formation. The deposits of Taiyuan Formation are formed in the mixed carbonate shallow sea and terrigenous clastic seashore. Taiyuan Formation can be divided, from bottom to top, into three members: Lower Limestone Member, Middle Clastic Member and Upper Limestone Member and Upper Limestone Member. The Lower and Upper Limestone Members Also recognized in Limestone Members are mainly formed on the shore (intertidal zone) grey micrite interbedded with biogenic debris limestone, vertical burrows) and in the shallow sea (dark grey biogenic debris limestone, horizontal burrows). Also recognized in Limestone Members is the tempestite turbidite which interbedded with normal shallow marine carbonate. The vertical sedimentary sequence of Limestone Members is as follows: in the lower part is the shallow marine limestone and in the upper part are the fine clastics and coal beds (or carbonaceous shale). Often found in the upper part of this sequence is the tidal channel deposits which are more developed in the Upper Limestone Member. The Middle Clastic Member is interpreted as the deposits of barrier island-lagoon-tidal flat system. Extensively developed in the study area are the barrier island facies (quartz sandstone, coarsening upward in grain size, sandbody displaying the belt strike of east to west), tidal channel facies (detritus quartz sandstone, large scale planar crossbedding, erosive base, fining upward both in grain size and sedimentary structure scale, sandbody showing splitting and thinning northwards), lagoon-tidal flat facies (interbedded, lenticular, flaser and bioturbation bedding and vertical burrows). In the light of petrographic properties, sedimentary structures etc., the Middle Clastic Member can be recognized as three types of vertical sedimentary sequences, i.e., the vertical sequences which are respectively dominated by barrier island facies, tidal channel facies and lagoon-tidal flat facies. The barrier island facies can be further divided into regressive sequence (underlain by the shallow marine limestone facies) and transgressive sequence (underlain by the lagoon-tidal flat facies).

Generally, there are about 5 to 6 coal seam beds (from 0 to more than 10 beds) in Taiyuan Formation. The average total thickness of coals is 3.36m (from 0.33m to 10.73m, based on the data

of 130 wells) . In the Lower and Upper Limestone Members, the deposits below the coal beds are often the clastic deposits and rootlet beds, but the roofs of coal beds are dominantly by shore and shallow marine limestone, which means that coals are formed on the platform evolved by the shore and shallow sea when filled by the clastic deposits. In the Middle Clastic Member, the undeveloped, discontinuous and thin flaser coals overlying the barrier island are resulted from the quick regression (because dominated overlying barrier island are the lagoon-tidal flat facies) or the frequently shifting of barrier island landwards or seawards (refer to the section of vertical sequence) . The average group maceral composition of the coals in Taiyuan Formation are vitrinite (70%—90%), inertinite (1.0%—29.8%) and exinite (0—1.0%), so the type of coal is vitrinertite. The inorganic composition of coals is mainly clay types (3.6%—11.8%) . The average ash and sulphur content of coals are respectively 10% (from 9.9% to 20.4%) and 4% (from 3.87% to 5.48%) . Thus the coals of Taiyuan Formation belong to the low ash (10%—15%) (middle ash content in part) and high sulphur content (higher than 4%) coals.

To sum up, it is suggested that the coals of Taiyuan Formation are formed in the brackish to saline water marsh on seashore.