

·煤田地质·

13, 21(2) 永城煤田石炭二叠纪煤系成因
1-10 分析与聚煤特征

武法东 陈钟惠 张守良

(中国地质大学 武汉 430074)

P 618.110.2

摘要 根据成因地层分析和沉积环境分析的方法,在永城煤田石炭二叠纪煤系识别出三种沉积体系、11个生长层序。重点分析了陆表海潮下碳酸盐岩沉积和碎屑潮坪沉积特征,认为灰岩在微观特征、微相类型上由上而下的有规律变化,符合向上变浅的缓坡型陆表海沉积模式。潮坪沉积物以潮道发育、砂泥混合坪标志明显为特征。三角洲则表现为浅水沉积性质。有价值的煤层形成于废弃碎屑潮坪泥炭沼泽和下三角洲平原泥炭沼泽。泥炭沼泽几乎不受咸水和活动碎屑体系的影响是主要煤层低硫低灰的原因。

关键词 成因地层;沉积环境;聚煤规律;石炭二叠纪;永城煤田;

中国图书资料分类法分类号 P618.1101

永城煤田位于河南省东部永城县境内,包括薛湖、城郊、新桥、茴村等主要矿区及葛店、新庄和东集等生产矿井,总面积近1500 km²,属掩盖式煤田。石炭二叠纪煤系属华北型。与太原西山标准剖面对比,我们认为永城煤田地层组的划分是穿时的^[1],照顾到生产单位的意见及资料使用的方便,本文暂沿用目前的划分方案。

1 煤系的成因地层单元划分

本文主要采用成因地层分析和沉积环境分析的术语和方法^[2,3,4]。根据煤系的沉积特征,在本区识别出三种主要沉积体系,11个生长层序(图1)。

1.1 碎屑—碳酸盐岩滨岸沉积体系(图2)

生长层序A 发育于本溪组,以滨岸平原泥岩沉积为主。受古风化面影响,沉积物中铁铝质富集,厚度变化较大,0~20 m。

生长层序B—D 发育于太原组,主要包

括潮下碳酸盐岩和浅海泥质岩、潮道沉积组合及障壁砂坝沉积、潮坪细碎屑沉积组合及滨岸平原沼泽、泥炭沼泽沉积。

1.2 海湾—潮坪沉积体系(图3)

生长层序A 发育于山西组底部,平均厚20 m,包括海湾相泥岩、海湾滨岸碎屑沉积组合以及海湾滨岸带沼泽沉积。

生长层序B 发育于山西组中下部,平均厚度35 m,潮道沉积组合非常发育,潮坪细粒沉积组合特征也很明显。生长层序B以顶部广泛发育泥炭沼泽而结束。

1.3 三角洲沉积体系

自山西组中上部开始,本区三角洲沉积非常发育,至上石盒子组一段,共划分出A、B、C、D 4个生长层序。其中层序A是受潮汐作用影响的河控三角洲沉积,其余则以河控三角洲沉积为主。各层序一般都包括了水下三角洲平原沉积、分流河道沉积组合、下三角洲平原细粒沉积组合以及三角洲平原泥炭沼

· 本文是国家教育委员会博士点基金资助项目的部分成果,参加研究工作的还有张年茂、葛立刚、马晋贤、毕克成

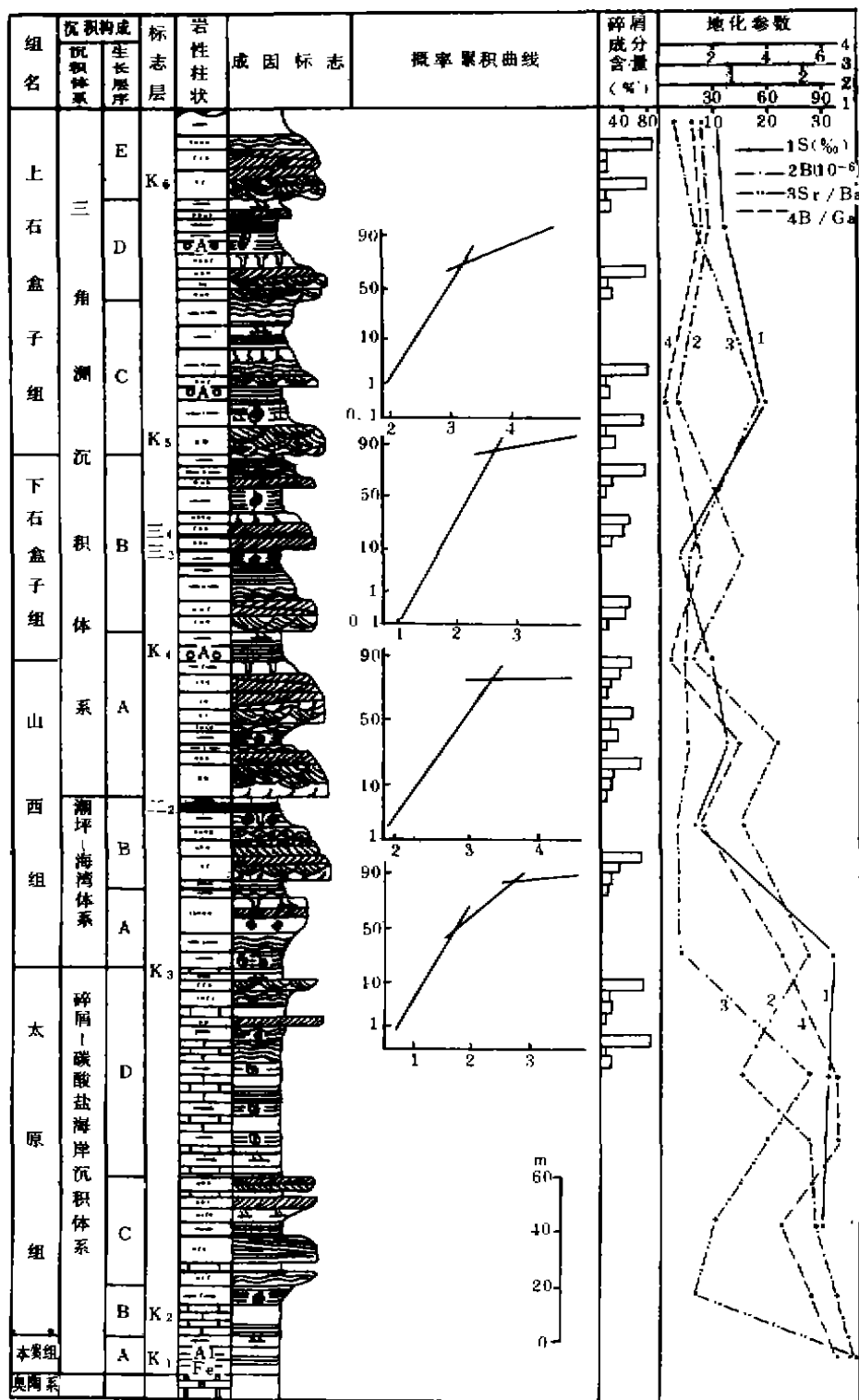


图 1 永城煤田石炭二叠系成因单元及沉积特征柱状图

- 1—中粒砂岩; 2—细粒砂岩; 3—粉砂岩; 4—砂质泥岩; 5—泥岩; 6—鲕状铝质泥岩; 7—铝质泥岩; 8—铁质泥岩; 9—灰岩; 10—煤及炭质泥岩; 11—槽状交错层理; 12—楔状、板状交错层理; 13—低角度及板状交错层理; 14—波状层理; 15—透镜状、脉状层理; 16—水平层理; 17—冲刷面及泥砾; 18—植物叶及碎片; 19—植物根; 20—潜穴; 21—海豆芽及海相化石; 22—菱、黄铁矿结核; 23—平行不整合; 24—碎屑成分: a—石英; b—长石; c—岩屑; d—云母

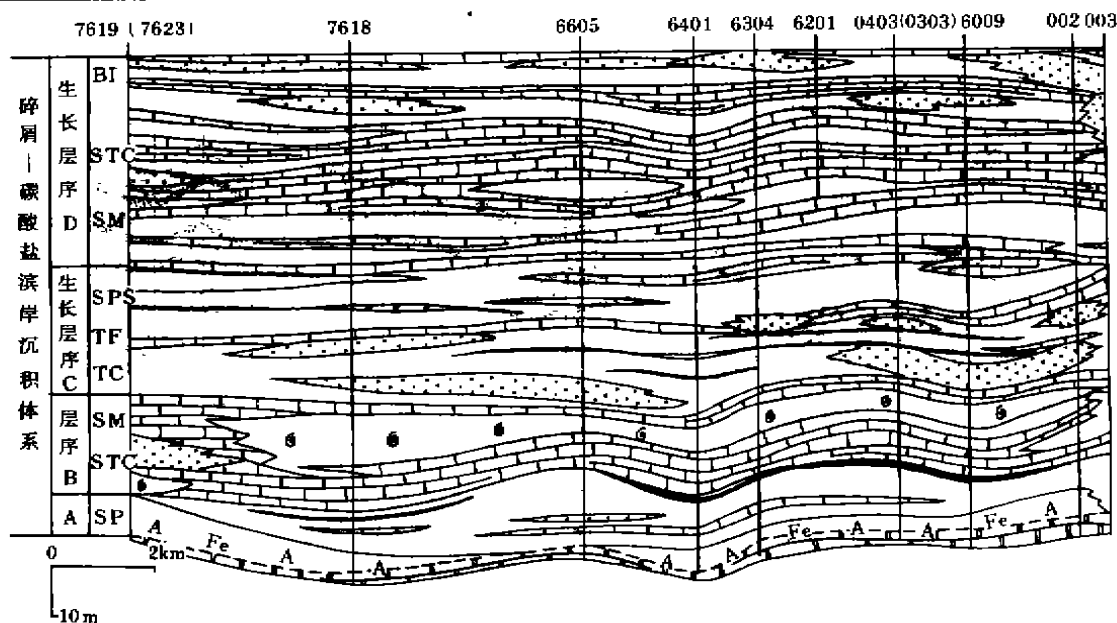


图2 本溪、太原组沉积构成断面图

SP—滨岸平原沉积, SM—浅海沉积, STC—潮下碳酸盐岩沉积, TC—潮道沉积组合, TF—潮坪沉积组合, SPS—滨岸平原沼泽, BI—障壁砂坝沉积

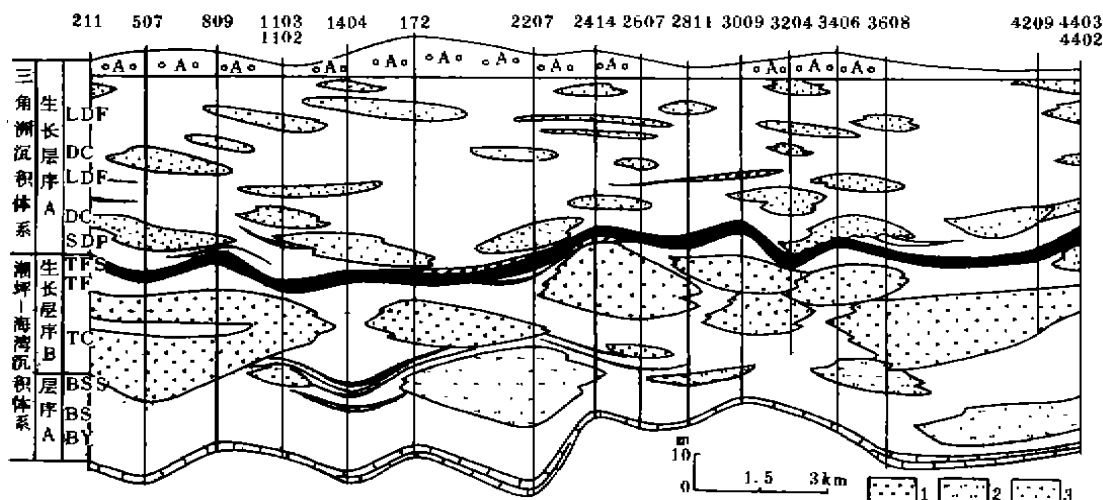


图3 山西组沉积构成断面图

BY—海湾泥岩, BS—海湾滨岸带沉积组合, BSS—海湾滨岸带沼泽, TC—潮道沉积组合, TF—潮坪细粒沉积, TFS—潮坪泥炭沼泽, SDP—水下三角洲平原, DC—分流河道沉积组合, LDF—三角洲平原细粒沉积组合

泽沉积(图3、4)。

上述各成因单元的沉积构成形式主要有进积式、侧积式和填积式三种^[4]。其中,海湾滨岸带沉积、水下三角洲平原沉积及三角洲前缘沉积等以进积式为主;潮道、三角洲分流河道及障壁砂坝沉积等以侧积式为主;潮下

碳酸盐岩沉积、潮坪及三角洲平原细粒沉积、沼泽沉积等则以填积式为主。

自上石盒子组二段(K₂)开始,本区逐渐转变成上三角洲平原—河流体系沉积,聚煤作用显著减弱。

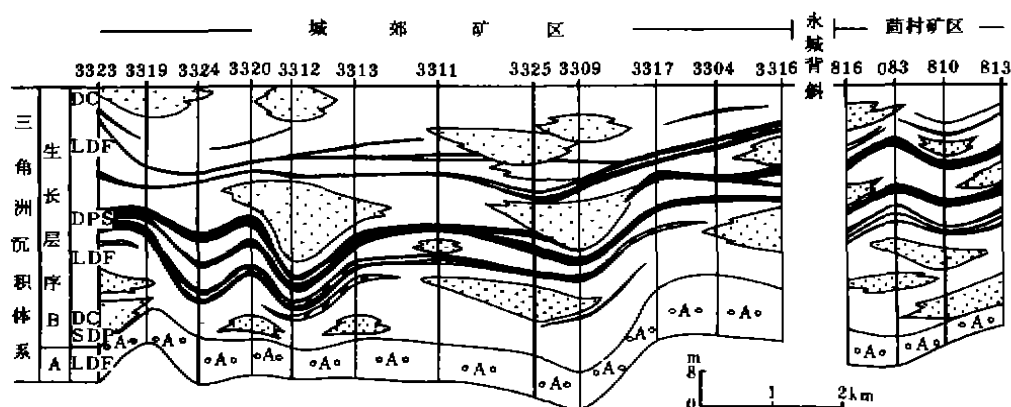


图 4 下石盒子组沉积构成断面图

SDP—水下三角洲平原沉积;LDF—下三角洲平原细粒沉积组合;

DC—分流河道沉积组合;DPS—三角洲平原泥炭沼泽沉积

表 1 永城煤田太原组灰岩微观特征

灰岩名称	主要化石种类及含量(%)									化石保存特征			化石总含量(%)	能量条件
	瓣	腕足	藻类	介形虫	有孔虫	双壳	苔藓	海百合	腹足	分布	完整程度	定向性		
L ₁₁	2	15	1	3	0	2	3	15	1	不均	破碎	定向	60	强
L ₉	3	5	5	5	5	0	3	2	0	不均	部分破碎	定向	40	较强
L ₈	2	8	5	5	1	2	0	1	5	均匀	较完整	不定向	35	较弱
L ₇	1	3	1	2	0	1	0	2	0	均匀	部分破碎	不定向	15	弱
L ₆	6	5	3	3	0	5	2	5	2	不均	强烈破碎	定向	40	强
L ₃	15	2	0	5	0	0	0	0	0	均匀	较破碎	定向	21	较弱
L ₂	2	3	3	0	2	0	0	1	0	较均匀	完整	不定向	11	弱

2 主要成因单元的沉积特征及环境解释

2.1 潮下碳酸盐岩沉积特征及环境解释

本区碳酸盐岩为灰岩,发育于太原组,总计 11 层(L₁~L₁₁),累计厚度达 50 m。

2.1.1 灰岩特征

灰岩多为中—厚层状,生物化石及其碎屑丰富,种类繁多,主要有瓣类、有孔虫、藻类、珊瑚、腕足、腹足、海百合茎、苔藓虫等,生物碎屑含量一般 10%~40%,化石在岩石中分布不均匀,呈分散状、条带状或纹带状分布。化石保存完整程度不一,生物碎屑一般为砂砾级,多有磨蚀,灰泥充填于砂砾屑之间。

灰岩中沉积构造比较丰富,可见规模不等的水平和倾斜潜穴、生物扰动构造、小型交错层理、波状、缓波状层理、水平层理及波痕。

灰岩层位比较稳定,下部的 L₂、L₄ 和上部的 L₈、L₁₁ 在全煤田内可以对比。单层灰岩厚度变化不大,反映灰岩形成时相对稳定的沉积条件。

镜下鉴定灰岩中主要生物种类、含量及结构特征见表 1,可以看出,太原组由上而下形成灰岩的能量条件发生了两次变化。

2.1.2 灰岩的微相类型

据余素玉^[6]提出的灰泥化石结构类型,本区主要存在下述 4 种灰岩微相。

a. 单粒度基底型 由均一的粘土级灰泥组成。化石星散分布,含量小于5%,多保存完整,主要为有孔虫类,代表了生物不发育的静水低能环境;

b. 双粒度单模式型 粘土级灰泥与砂砾级化石颗粒呈悬殊的两组,生物颗粒主要是有孔虫、介形虫、腕足类等,含量15%左右,保存较好,自形到半自形,无定向排列。该微相见于 L_2 、 L_7 灰岩中,代表了较低能的水动力条件;

c. 双粒度双模式型 灰泥与化石颗粒在粒度上呈悬殊的两组,化石较破碎,半自形到它形,化石颗粒分选中等~好,化石主要为筴、腕足、介形虫等,颗粒含量大于20%,具明显的磨蚀痕迹,有泥晶化颗粒出现,这表明化石颗粒在堆积前曾受到水流的筛选与磨蚀,而后又被搬运到静水环境中与灰泥一起堆积,反映岩石组分经历了动荡和平静两种不同的水流模式,该微相类型多见于 L_3 、 L_8 灰岩中;

d. 单粒度支架型 灰泥含量较少,砂砾级化石颗粒含量在40%以上,颗粒分选中等~好,磨蚀强烈,主要化石有筴、腕足、双壳类等,常见化石颗粒因泥晶化作用而形成泥晶套,代表了较高能的水动力条件及浅覆水的氧化条件,这种微相类型常与双粒度双模式型互相过渡,多见于 L_6 、 L_{11} 灰岩中。

以上4种微相类型在垂向上有一定的组合规律。由 L_2 到 L_6 ,各灰岩的主要微相类型由单粒度基底型、双粒度单、双模式型到单粒度支架型。由 L_7 到 L_{11} 又重复了这一过程,反映了随灰泥及碎屑的充填,海水逐渐变浅的两次过程。

2.1.3 灰岩形成环境解释

永城煤田太原组灰岩的生物组合以正常海窄盐性生物为主,特别是筴类和腕足类的大量出现表明其形成于温暖清澈的正常浅海。对灰岩上下层位泥岩的地球化学分析,古

盐度平均32.84‰,硼含量平均 88×10^{-6} 。劳林娟^[6]、庄军(1987)对太原西山太原组灰岩的测定结果,古盐度分别是25‰和27‰~33‰。葛宝勋等(1985)也报道过山西阳泉四节灰岩的古盐度为37.65‰。这些成果都表明太原组灰岩形成时的介质属正常盐度。

藻类及泥晶化颗粒的存在表明灰岩形成于浅水环境。Ginsburg等(1971)认为,蓝绿藻生活的最大水深不超过15m,而大量出现于潮间带。本区灰岩中发育蓝藻,但却未见蒸发岩、干裂、雨痕、鸟眼构造、叠层石以及高能鲕粒、豆粒等潮间、潮上带成因标志,因此,灰岩应形成于潮下带。另外,泥晶化颗粒是由穿石藻或真菌对化石颗粒表面作用,而后被灰泥充填形成的;Swinchatt(1969)指出,沉积物中极丰富的藻类穿孔颗粒多发生在水深15~18m处;但现代巴哈马—佛罗里达台地上被穿孔的颗粒深度不超过12m^[5]。因此,本区灰岩形成时的水深应在低潮面与水深12m之间。

灰岩中小型交错层理,特别是波状层理及波痕的存在,生物化石的磨蚀及定向排列等,均表明灰岩形成时处于弱~较动荡条件。

综上所述,可以认为本区太原组灰岩形成于水体温暖、较清澈、中等能量、正常盐度的开阔陆表海潮下浅水带。

2.2 碎屑潮坪沉积特征

依沉积组合及沉积序列的不同,可识别出两种潮坪类型:以陆表浅海为基础发育的潮坪(图5a、c)和以海湾为基础发育起来的潮坪(图5b)。

2.2.1 潮道及砂坪沉积

潮道沉积发育于太原组和山西组中下部,尤以后者为甚,以中细粒砂岩为主,成分成熟度较高,石英含量75%~90%,杂基一般小于10%,分选好~中等,磨圆较好,泥质、钙质、硅质胶结,少泥颗粒支撑。层序上,潮道砂岩与下伏海湾泥岩可呈冲刷关系,也可覆于潮下碳酸盐岩之上。在侧向和垂向上,潮道沉

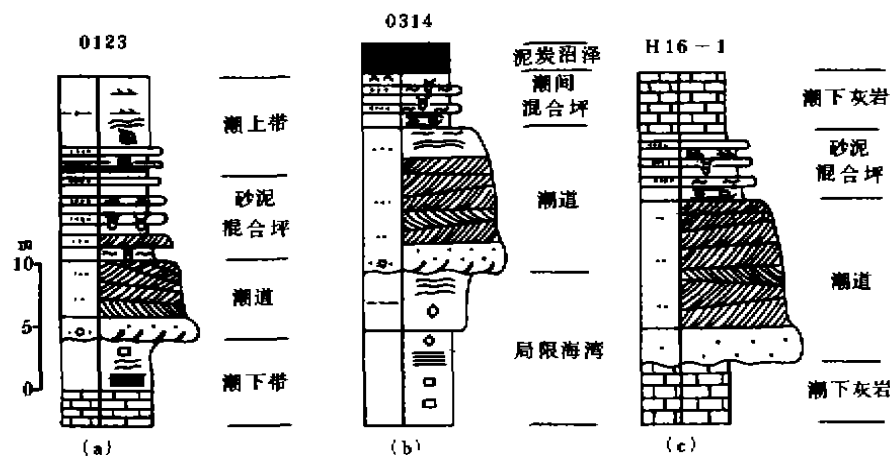


图 5 潮坪沉积序列

积可与潮坪沉积共生(图 3、5)。

山西组中下部潮道砂岩的粒度统计显示(图 1),砂岩由跳跃总体和悬浮总体组成,含量分别为 81.75% 和 18.25%,跳跃总体粒度区间为 0.75~2.75 ϕ ,平均倾角 52°,分选中等。跳跃总体中两个次总体的出现,是潮汐水流往返作用的反映。次总体的斜率差别可能与潮汐冲流、回流的流速有关。

在沉积构造上,潮道砂岩底部及内部多具冲刷面,冲刷面上见有扁平泥砾,具双向交错层理、大型槽状、板状交错层理,也见有 Klein 提出的“B-C”层序,为典型的双向水流特征。

潮道砂岩的断面为扁透镜状,最大厚度 30 m 以上(见图 3)。平面上,总体呈南东—北西向带状展布(图 6)。从大范围看,向北西方向最终尖灭。

砂坪沉积多以细砂岩为主,呈薄层席状,与潮道砂岩侧向过渡,具倾角较缓的双向交错层理,也见有单粘土层或双粘土层。本区山西组中下部的砂坪比较发育,钻孔中有时不易与潮道砂岩区分。

2.2.2 砂泥混合坪沉积

由灰黑色泥岩、细砂岩及粉砂岩的薄互层组成,单一岩性层厚一般小于 5 cm。潮间

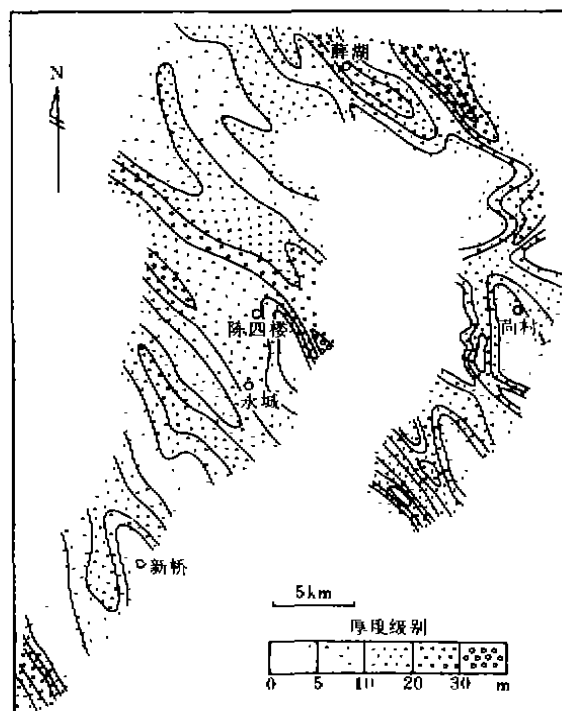


图 6 永城煤田二。煤底砂体等厚线图

带细砂岩的概率累积曲线也反映有双跳跃次总体的特征。

潮间带砂泥混合坪沉积物中的沉积构造非常丰富,这是其与碎屑潮坪的主要区别,除了有脉状、波状和透镜状层理及过渡类型外,还有由于粘土层规律变化所显示的递变式潮

汐周期层序(α 型)和规律间隔层组式(β 型)潮汐周期层序及大量的生物遗迹等。

潮间带沉积物的厚度可反映古潮差的大小(Evans, 1965; Klein, 1970)。太原组在陆表海基础上发育的潮坪,潮间带沉积厚度一般大于4 m,属高潮差;山西组下部在海湾基础上发育的潮坪,潮间带厚度一般小于4 m,属低潮差。

2.2.3 泥坪及泥炭沼泽沉积

泥坪包括潮间带上部的泥坪和潮上带泥坪,以泥岩、粉砂质泥岩为主,与下伏砂泥混合坪逐渐过渡。泥坪沉积物厚度较小,多见生物扰动构造,有机质含量较高,可见植物碎片化石及少量根化石。

在泥坪之上或潮坪废弃后,往往发育泥炭沼泽,所形成的煤层层位较稳定,分布范围广,但因沼泽类型而异,厚度有一定变化。

2.3 三角洲沉积特征

三角洲体系自山西组中上部开始发育,到上石盒子组一段可区分出4个生长层序(图1)。本区三角洲沉积具有以下特征:

a. 具典型的浅水三角洲特征,前三角洲泥岩不发育或较薄,三角洲前缘砂体侧向连续性差;

b. 古盐度变化大,在3.08‰~19.23‰之间,发育多层含广盐性生物的化石层,水介质属微咸一半咸水;

c. 以河流作用为主,但在开始发育阶段受潮汐作用影响明显。

三角洲体系主要由水下三角洲平原相、下三角洲平原相及上三角洲平原相构成。

2.3.1 水下三角洲平原相

由前三角洲沉积和三角洲前缘沉积组成。前三角洲沉积发育在海湾沉积物之上,两者呈过渡接触,由黑色泥岩夹少量粉砂岩薄层组成,富含有机质。泥岩中以水平层理或缓波状层理为主,见生物潜穴及生物扰动构造,含少量菱铁矿、黄铁矿结核。

三角洲前缘沉积尽管较薄,但根据粒度及砂质沉积物的含量仍可区分出远端坝沉积和近端坝沉积。远端坝沉积主要由细砂岩、粉砂岩薄层与黑色泥岩的互层组成,在以砂质沉积为主的层段发育小型交错层理、脉状、波状层理。近端坝沉积主要由细—中粒砂岩组成,下部以小型交错层理为主,向上沉积物粒度变粗,交错层理的层系厚度增大(图7a、b)。此外,在水下三角洲平原相中还有风暴沉积物,厚度一般较小,发育有递变单元、变形纹理单元和泥岩单元。

2.3.2 下三角洲平原相

是三角洲体系的主体部分,主要由分流河道沉积和分流间沉积构成。

分流河道沉积 覆于海湾泥岩或三角洲前缘沉积之上(图7)。底部具明显的冲刷面,冲刷面之上为含砾或含同生泥砾的滞留沉积;向上多是具有由菱铁质显示的大型交错层理的中、细砂岩,砂岩最大厚度可达35 m。分流河道砂岩底部及中部的同生泥砾大小不一,略呈定向排列,无分选,这是分流河道的重要特征(Elliot, 1978)。分流河道砂岩下部的纹层中间常出现泥披盖,偶见单粘土层,这是其受潮汐作用影响所致。

分流河道砂岩主要由石英、长石、燧石及岩屑组成,含少量的白云母(图1),分选一般中等,泥质、钙质胶结为主,结构成熟度和成分成熟度均低,反映了较快速堆积的特点。

砂岩的概率累积曲线以二段式为主,跳跃总体的斜率较小,说明沉积物的分选性一般。分流河道在平面上呈树枝状、朵状,自北向南延伸(图8),反映了盆地水浅且碎屑物快速供应的特点。分流河道砂岩在断面上的形态见图3、4。

分流间沉积,包括决口扇沉积、分流间湿地细粒沉积和泥炭沼泽沉积。决口扇沉积一般为细砂岩,具小型交错层理,厚度一般不大,延伸不远,与下伏沉积物呈冲刷或明显接

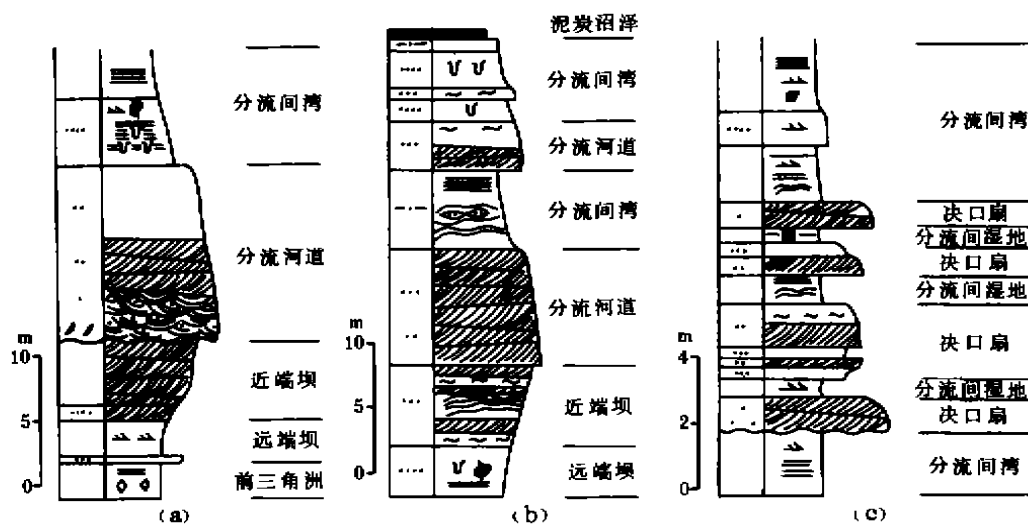


图 7 三角洲沉积层序图

a—G-11 孔; b—87-6 孔; c—6022 孔

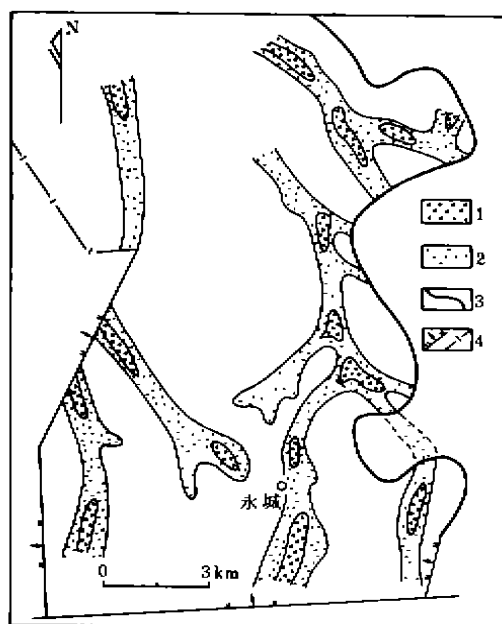


图 8 永城煤田城郊矿区三煤组间分流河道砂体等厚图

1—砂岩厚度 > 10 m; 2—砂岩厚度 10~5 m;

3—煤系露头线; 4—矿区边界

触,可见多阶性,一般为正粒序(图 7c)。分流间湿地细粒沉积以粉砂岩、泥岩为主,有时夹透镜状砂岩,含大量植物叶片化石,层理以水

平、波状层理为主,含菱铁矿结核。粘土矿物以高岭石—伊利石为主。

泥炭沼泽发育在分流间湿地沉积物之上。受决口扇及分流水道易位的影响,泥炭沼泽易受冲刷。与分流河道同期发育的泥炭沼泽形成的煤层一般不厚。当三角洲朵叶废弃时,往往大规模泥炭沼泽化,容易形成有价值的煤层。

2.3.3 上三角洲平原相

上三角洲平原的沉积类型包括分流河道及泛滥平原沉积。分流河道砂岩特征与下三角洲平原分流河道相似,只是底部冲刷更明显,碎屑成分更杂,粒度更粗,多阶性也更明显。

泛滥平原沉积由灰、灰白色泥岩、粉砂岩、薄层炭质泥岩、煤线及小型砂岩透镜体组成,见大量植物化石碎片。含菱铁质鲕粒的铝质泥岩或紫斑泥岩形成于潮湿条件下的三角洲分流间湿地^[8]。

3 聚煤作用

永城煤田石炭二叠系有 6 个煤组,含煤 30 余层,累计厚 16 m,含煤系数 2.3%,具有

工业价值的二、三煤组分别赋存于山西组和下石盒子组。

太原组煤层层数多,煤层薄,多以海相层为直接顶板,属低~中灰、富硫煤,平均灰分25.3%,平均含硫量3.3%。泥炭沼泽及其上下层序特征、微量元素、古盐度及煤质特征等均表明太原组的聚煤作用发生在陆表海滨岸地带的咸水为主的泥炭沼泽中。这种环境与现代浅海滨岸地带咸水、半咸水的红树林泥炭沼泽非常相似。

山西组含煤3层。二₁煤形成于海湾滨岸带,煤层厚度变化大,平均小于0.6 m,灰分平均22%,含硫量平均4.39%。煤层不稳

定,无工业价值。

二₂煤是本区最重要的可采煤,在煤田乃至更大的范围广泛分布,平均厚2.83 m,灰分一般15%,全硫含量在0.5%以下。根据顶、底板的微量元素及古盐度分析,二₂煤下伏的潮坪,特别是泥坪发育时,盆地水体强烈淡化。煤层多为简单结构,表明在泥炭堆积时,潮坪很少活动。

下石盒子组含煤7层,其中三₂、三₃煤较稳定,平均厚度分别为1.44 m和1.23 m。三₁煤大部分可采。煤层累计厚度平均4 m。在煤田范围内煤层厚度总体呈南北分带,陈四楼~茴村以南至新桥以北为厚煤区。此外,受沉

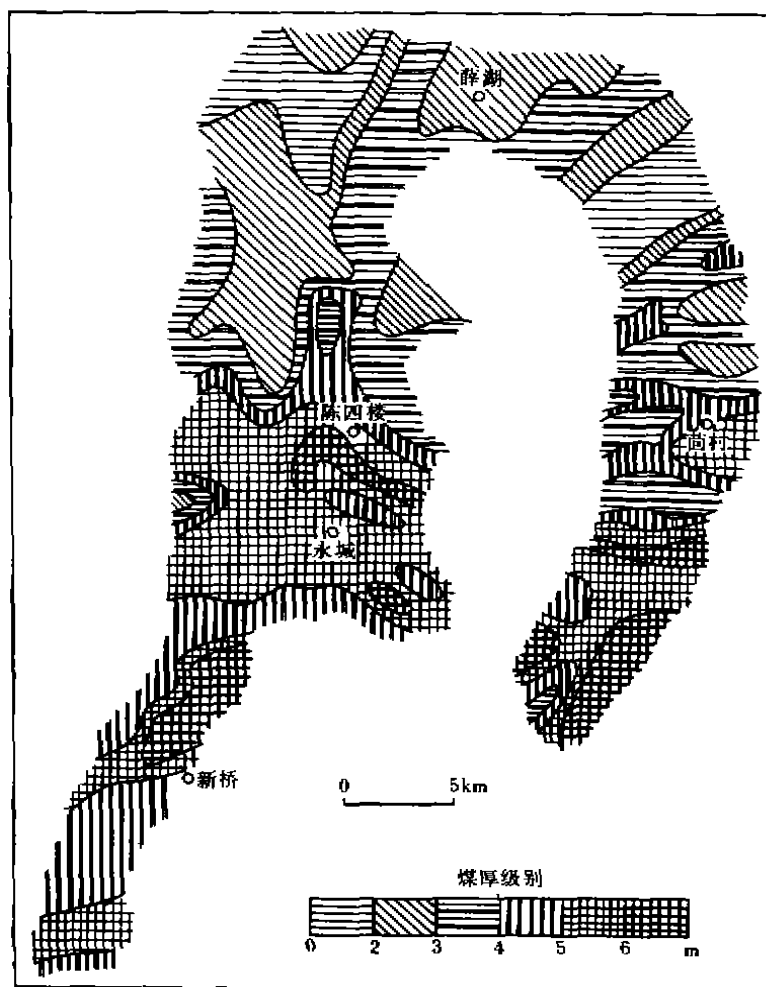


图9 永城煤田下石盒子组煤层等厚线图

积相和微地形的影响,煤厚也呈北东—南西带状分布(图 9)。

本区聚煤作用的主要特征可概括如下:

a. 沉积环境控制下的泥炭沼泽类型是控制聚煤作用的主要因素。形成有工业价值的煤层的沼泽类型首属废弃碎屑潮坪泥炭沼泽,其次为下三角洲平原泥炭沼泽。

b. 主要煤层形成过程中基本不受咸水的影响,这是煤层低硫的主要原因。

c. 形成主要煤层的泥炭沼泽在发育过程中,基本不受活动碎屑体系的影响,这与 McCabe(1984)的研究结果^[9]一致。

d. 成煤沼泽发育前的微地形差异可以局部影响煤的厚度。

e. 成煤期后分流河道的冲刷及岩浆岩的侵入,均影响煤的厚度和结构。

研究过程中得到我校詹才高副教授的帮助,河南地矿局 11 队地质科及李静、赵成华、黄鹤筠和徐友灵等同志给予支持,煤田专业部分本科生及 86 级研究生苏华成、辛仁臣参

加了资料收集工作,一并深致谢忱。

参考文献

- 1 陈钟惠、武法东主编,华北晚古生代含煤岩系沉积环境与煤的聚集规律. 武汉:中国地质大学出版社(在出版中)
- 2 Galloway W E, Davidk Hobday. Terrigenous clastic depositional systems. Springer—Verlay New York, 1983, 3—24
- 3 夏文臣、金友渔. 沉积盆地的成因地层分析. 武汉:中国地质大学出版社, 1989, 6—35
- 4 Galloway W E. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis I: Architecture and genesis of flooding—surface bounded depositional units. AAPG, 1989, 73(2): 125—142
- 5 余素玉. 化石碳酸盐岩微相. 北京:地质出版社, 1989, 6—14, 136—150
- 6 劳林娟. 太原西山煤田石炭二叠纪碳酸盐岩沉积特征及沉积环境研究. 煤田地质与勘探, 1985(1): 1—7
- 7 武法东. 华北盆地东南部下石盒子组高岭岩的成因及研究意义. 煤田地质与勘探, 1991(1): 6—10
- 8 武法东. 山西省河东煤田北部石炭二叠纪煤层中的硫及煤灰成分的相关性. 地球科学, 1990, 15(4): 431—440
- 9 McCabe P J. Depositional environments of coal and coal-bearing strata. In: Rahmani R A and Flores R M. Sedimentology of coal and coal-bearing sequence. Spec. Publ. INT. Ass. Sedim., 1984, 7: 13—42

(收稿日期 1992—08—20)

GENETIC ANALYSIS AND COAL ACCUMULATING FEATURES IN COAL-BEARING STRATA OF CARBONIFEROUS—PERMIN, YONGCHENG COALFIELD

Wu Fadong Chen Zhonghui Zhang Shouliang
(China University of Geosciences, Wuhan)

Abstract According to the methods of genetic stratigraphy and depositional environments analysis, three kinds of depositional systems and eleven genetic sequences have been recognized in the coal-bearing strata of Yongcheng Coalfield. The paper mainly discusses the depositional characteristics of subtidal carbonate of epicontinental sea and clastic flat. The microcharacteristics and microfacies of carbonate regularly change upward. This is the results of sediments filling to the basin and it conforms to the depositional models of shallowlog-upward carbonate-siliclastic sequences of epicontinental sea. Tidal channels in the tidal flat are dominated and sand-mud mixed tidal flat marks are obvious. The most economic coal beds were formed from the swamp types which developed on the abandoned clastic tidal flat and lower delta plain. The major reasons for low ash and sulfur in coal beds are that saline water and active clastic systems were nearly no influence upon the swamps when peats were accumulated.

Keywords genetic stratigraphy; depositional environment; coal accumulation law; Carboniferous-Permian Period; Yongcheng Coal-field;