

文章编号:0253-9993(2010)04-0623-06

顶峰山矿区 39 号煤层的煤岩学与煤相特征

许福美¹, 黄文辉², 吴传始¹, 郭玉森¹, 吴志杰¹, 敖卫华²

(1. 龙岩学院 资源工程系, 福建 龙岩 364012; 2. 中国地质大学(北京) 能源学院, 北京 100083)

摘要:利用煤岩学和沉积地球化学相结合的方法,从煤岩学、沉积学、古植物和沼泽水介质动力条件等方面对福建龙永煤田顶峰山矿区二叠系童子岩组主采 39 号煤层进行了研究,结果表明:39 号煤层的煤相包括 4 种类型,即闭流沼泽相、障壁岛-泻湖沼泽相、强覆水森林沼泽相和浅覆水森林沼泽相,其中强覆水森林沼泽相是该煤层煤相类型的主体,在沼泽演化过程中占有主导地位;沼泽覆水深度的变化会引起煤相组合和旋回结构的相应变化。煤层从下而上由浅覆水森林沼泽相、强覆水森林沼泽相和弱覆水森林沼泽相等组合而成,韵律明显。沼泽水动力条件同样经历了由弱—强—弱的演化过程,沼泽水流具有由滞流—活动—滞流的周期性变化特点,泥炭沼泽水介质总体上处于弱—强还原环境;该煤层在其形成过程中不断受到海陆两方面的影响,泥炭沼泽发育过程呈现出波动式变化,导致泥炭沼泽类型呈跳跃式演化,从而形成了一套海陆交互的成煤沼泽环境,表现为障壁岛-泻湖沉积体系的沉积特征。

关键词:顶峰山矿区;煤岩学;煤相特征

中图分类号:P618.11 **文献标志码:**A

Coal petrology and facies of coal seam No. 39 from Dingfengshan mining district, Longyong coalfield, Fujian Province, China

XU Fu-mei¹, HUANG Wen-hui², WU Chuan-shi¹, GUO Yu-sen¹, WU Zhi-jie¹, AO Wei-hua²

(1. Department of Resource Engineering, Longyan College, Longyan 364012, China; 2. School of Energy Resource, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083)

Abstract: The main-exploited No. 39 coal seam in Tongziyan Formation Permian in Dingfengshan mining area of Longyong Coalfield was studied in the aspects of coal petrology, sedimentology, fossil plants and dynamic condition of aqueous medium in swamps, etc., used the combined methods of coal petrology and sedimentary geochemistry. The result shows that the coal facies in No. 39 coal seam have four types, namely, the noncontributing swamp facies, barrier island-lagoon marsh facies, strongly and weakly overlying-water forest swamp facies. The main body is the overlying-water forest swamp facies that is dominant in the swamp evolution. The variance of the overlying-water depth in the swamps can induce the relevant changes of coal facies assemblages and cycle structures. From the bottom to the top, the coal beds are composed of the assemblages of shallow overlying-water forest swamp facies, strong one, and then shallow one, etc. They have obvious rhyme. Meanwhile, the aqueous dynamic condition in swamps undergoes the weak-strong-weak evolution. The swamp flow possesses the features of stubborn-active-stubborn periodic changes. Overall, the aqueous medium in peat swamp is in weak-strong reduction environment. In the formation of this coal bed, it has the influences from two aspects, the sea and the land. The development of peat swamps appear wavy change. It leads to the jumping evolution of the types of peat swamps. Therefore, a set of coal-forming swamp environment within continental oceanic interaction is formed. It shows the depositional features of barrier island-lagoon system.

收稿日期:2009-10-19 责任编辑:王婉洁

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40972106);福建省自然科学基金资助项目(2008J0244)

作者简介:许福美(1965—)男,福建莆田人,副教授。Tel:0597-2797519, E-mail:xfm6512@163.com

Key words: Dingfengshan mining area; coal petrology; coal facies

煤相研究对恢复成煤的物质条件和沉积环境、搞清不同煤岩类型和煤中矿物质的分布规律及其成因具有重要意义,同时也是煤田地质学所要解决的基本问题之一^[1-3]。自20世纪50年代以来,国际上煤相研究有了很大进展,世界上几个主要产煤国相继建立了其主要煤田的煤相类型划分方案,我国很多学者对主产煤区的华北、西北、东北等地的石炭二叠纪、侏罗纪及第三纪煤等也进行了煤相研究,并取得了很多成果^[4-16],许多学者对福建二叠纪煤也进行了深入研究^[17-21]。

在前人研究的基础上,以福建龙永煤田顶峰山矿区二叠系童子岩组39号煤层为例,用煤岩学和沉积地球化学相结合的方法,对其煤相进行研究,以揭示其煤相类型和环境演化。并且通过与西北地区大型湖泊体系下形成的侏罗纪煤层进行对比,发现两者之间煤岩特征差异巨大,但沼泽环境演化则存在一些共同特点,即煤层的中部往往覆水条件最好,凝胶化组分最高。

1 研究区概况

顶峰山矿区位于福建省龙岩市南面14 km处,属龙岩市东肖镇和红坊镇管辖范围,是龙永煤田的一部分。该矿区的主要含煤地层为下二叠系童子岩组1段和3段。其中:1段地层为一套以泻湖相、湖泊相

和浅海相为主的海陆交互相沉积,细砂岩、泥质砂岩、砂质泥岩、泥岩及煤层呈规律性交替出现,含可采煤层3层(37、39、41号煤层);2段地层为一套不含煤的海相沉积,以富含动物化石和铁、泥质大结核为特征,主要为泥岩、砂质泥岩和泥质砂岩;3段地层为一套以浅海相、泻湖相和河控三角洲相为主的海陆交互相沉积,以细砂岩、泥质砂岩、砂质泥岩、泥岩及煤层为主,含可采煤层6层(2、7、18、20、28、29号煤层),其中2、7、20、37、39号煤层较稳定,全区大部分可采。39号煤层平均厚度2.04 m,结构简单,全区稳定,经济意义最大;该煤层顶板为厚层泥岩,含丰富的被黄铁矿交代的动物化石(泾县矮小戟贝、舌形贝和腹足类等),沼泽环境明显受海水影响,夹较多铁、泥质大结核;底板为细砂岩,顶部含较多黄铁矿晶体。为进一步研究主采煤层的成煤环境演化,重点对39号煤层进行了系统采样与相关测试。

采样过程中,本着完整连续的原则,按自然分层由顶板泥岩开始到底板粉砂岩止,采集具有原始结构构造特征的煤柱1条,本次样品的采集按照GB482-1995的采样规范和矿区煤层开采的实际情况进行,按照GB-T8899-1998对主采39号煤层各分层进行了显微组分定量和地球化学分析(表1),有效测点数大于500个,并根据其宏观特征的不同绘制成了该煤层的宏观煤岩分层柱状图,如图1所示。

表1 顶峰山矿区39号煤层基础煤质分析数据

Table 1 Data of basic coal quality for coal seam No. 39 from the Dingfengshan mining district

分层 样号	厚度/ cm	岩石 类型	工业分析/%		显微组分/%			显微组比值			硫分/%	
			M_{ad}	A_{ad}	V	I	M	I_{TP}	I_C	V/I	$w(S_{1,d})$	$w(S_{o,d})$
顶板	1 200	泥岩	-	-	-	-	-	-	-	-	1.98	0.69
1	32	光亮煤	4.36	7.35	63.66	27.59	8.65	1.12	3.12	2.31	0.71	0.52
2	26	半亮煤	4.52	9.12	52.95	40.38	6.57	1.59	1.96	1.31	0.66	0.57
3	24	半暗煤	6.27	9.46	50.84	41.82	7.24	1.06	2.23	1.22	0.67	0.38
4	36	半亮煤	5.81	8.92	62.76	28.93	8.21	0.92	4.56	2.17	1.24	0.66
5	48	光亮煤	5.13	7.63	73.26	19.68	6.96	0.87	5.15	3.72	1.96	0.68
6	38	半亮煤	4.94	8.51	49.39	41.26	9.25	1.33	2.57	1.20	0.85	0.58
底板	350	粉砂岩	-	-	-	-	-	-	-	-	0.56	0.39

注: V 为镜质组; I 为惰质组; M 为矿物; I_{TP} 为植物结构保存指数; I_C 为凝胶化指数;壳质组含量甚微,只见少量椭圆形的氧化树脂体,未作统计。

2 煤层的煤岩学特征与煤岩结构成因特征

2.1 煤岩学特征

煤岩学特征是反映煤层成因最直接、最可靠的标志之一,煤岩学上的成因标志包括煤岩成分及其组合

上的标志和煤层的结构-构造特征^[22]。煤的岩石成分及其组合取决于形成泥炭的成煤植物种类及其构成、泥炭堆积环境的 E_h 值、pH值、盐度和水文特征,以及泥炭聚积时期的古气候、古构造运动、古地理环境等诸多因素的影响。

分层号	厚度/cm	宏观煤岩岩柱状	宏观煤岩组成/%			光亮指数曲线			煤层形成曲线
			镜煤	亮煤	暗煤	1/4	1/2	1/4	
顶板	1200								
1	32		8	85	7				
2	26		10	55	35				
3	24		6	39	48				
4	36		16	54	32				
5	48		4	88	6				
6	38		20	57	28				
底板	350								

图1 39号煤层宏观煤岩分层柱状图

Fig. 1 Column of macroscopic coal type of coal seam No. 39

39号煤的宏观煤岩组分以亮煤为主,同时也夹杂有一些暗煤和镜煤。从垂向上看,亮煤、暗煤和镜煤一般呈条带状和线理状分布,条带宽窄不同。镜下观察:亮煤条带多由均质镜质体或结构镜质体组成;线理状亮煤条带则多由一些植物小根形成,主要由均质镜质体和基质镜质体组成;暗煤多呈薄层状。

本区39号煤层中富含镜质体,平均含量约为58.81%。从显微组分定量统计结果来看,本区镜质组主要为结构镜质体和基质镜质体。该煤层中惰质组含量一般为33.28%,不同的成因分层中,惰质组含量变化也较大。煤层可以划分出3种显微结构-构造类型,即碎屑状结构-碎粒状构造、条带状结构-平行状构造、透镜状-平行似层状结构-构造。总之,煤层中所含的每种显微煤岩组分及其含量的多少是研究煤层成因的重要标志,也是本文划分煤层成因类型的主要依据。

按照研究手段的不同,可以把煤层的成因标志划分为煤岩学标志、古植物学标志、地球化学标志及沉积学标志等四大类。成因特征的不同是划分不同煤相类型的基础,其中最主要的是要反映古泥炭的形成环境及其植物组合情况。为此,本文对39号煤层煤相类型的划分是在系统总结其煤层成因标志的基础上,主要侧重于以沉积学标志、煤岩学标志和古植物学标志为依据来进行的。

从图1可以看出,煤层中部亮煤和光亮煤占优势,上下界面附近暗煤和半暗煤所占比例明显升高。反映出煤层中部覆水程度明显加强。宏观煤岩组成也具相似特征,但是煤层内部也表现出几个小的起伏,说明在煤层形成过程中,存在覆水条件的次一级波动存在。第3分层由于泥质含量增多,接近夹矸含量,暗煤含量明显上升,但是该分层厚度很小,应该是由于陆源输入物突然侵入的产物。这种现象在西北地区侏罗纪厚煤层也常出现。

2.2 煤岩结构成因特征

为了更好地反映煤层的成因特征,根据各显微组分间的不同成因关系,利用它们的统计值,引入几个参数来更加直观地反映煤层的成因特征。

(1)采用 Diessel^[23]建立的方法,基于煤岩显微组分定量结果,计算各分层煤样的结构保存指数(I_{TP})和凝胶化指数(I_C),并以此来判别各煤分层的古泥炭沼泽类型(图2)。即低位沼泽、潮湿森林沼泽、干燥森林沼泽和陆地沼泽,其中低位沼泽相当于下文中的闭流沼泽相(A)和障壁岛-泻湖沼泽相(B),潮湿森林沼泽相当于强覆水森林沼泽相(C),浅覆水沼泽相当于浅覆水森林沼泽相(D)。

$$I_{TP} = (\text{结构镜质体} + \text{均质镜质体} + \text{丝质体} + \text{半丝质体}) / (\text{基质镜质体} + \text{粗粒体} + \text{惰屑体})$$

$$I_C = (\text{镜质组} + \text{粗粒体}) / (\text{丝质体} + \text{半丝质体} + \text{惰屑体})$$

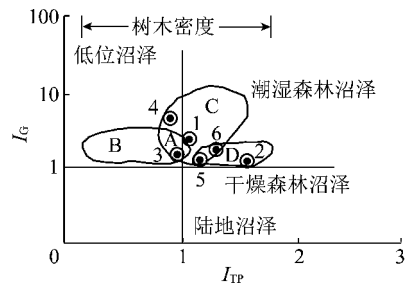


图2 39号煤层煤相类型判别图解

Fig. 2 Facies type of coal seam No. 39

(2)镜惰比(V/I)。一般说来,镜质组所代表的是一种潮湿的还原环境,而惰质组所代表的是一种干燥氧化环境。所以镜惰比这一参数可以较为直观地反映沼泽的覆水程度及气候的干湿情况。根据这一比值,将39号煤划分成4种成因类型:Ⅰ类, $V/I > 4$;Ⅱ类, $1 < V/I < 4$;Ⅲ类, $1/4 < V/I < 1$;Ⅳ类, $V/I < 1/4$ 。它们依次代表强覆水、极潮湿-覆水、潮湿-弱覆水、干燥-极干燥火灾发生的环境。

3 其他沉积环境标志

3.1 沉积学特征

39号煤层及其顶底板岩层在垂直层序上,底部为具有潜穴、虫孔的泥岩,往上为具混浊状层理、微波状水平纹理的细砂岩及砂质泥岩互层,顶部为泥岩或煤。岩相组合以深黑色泥岩、深灰色细砂岩及砂质泥岩和细砂岩互层组成。沉积物粒度从下往上总体上是由粗变细,反映了潮坪沉积物沉积的特征。同时由于39号煤层全区可采,厚度较大分布范围广,反映了潮坪海岸沉积模式。在煤层顶板的厚层泥岩中,发现含丰富的被黄铁矿交代的动物化石(泾县矮小戟贝、

舌形贝和腹足类等),则是沼泽环境明显受海水影响的直接证据,前人研究也都认为本二叠系主采煤层主要是形成于滨海环境下的一套潮坪-无障壁海岸-障壁岛-泻湖沉积体系中,煤层形成过程中多次受到海水侵入的影响,地壳发生过小规模振荡^[19-21]。

3.2 矿物学特征

39号煤中矿物含量一般在10%以下。从镜下看,煤中常见矿物有黏土矿物,其次为黄铁矿和菱铁矿,硫酸盐矿物仅在某些分层中有。

39号煤层各分层的灰分产率与 V/I 、 I_{TP} 、 I_G 、有机硫含量4个参数之间存在相关关系(图3),能在一定程度上反映出水介质化学及动力条件。

在沼泽发育过程中,水介质动力条件越弱,水体滞流,由水流带入沼泽水体中的陆源物质就越少,煤

中的灰分产率就越低,水介质还原性增强,一方面导致植物遗体凝胶化程度增大和植物结构保存程度变差;另一方面使得凝胶化物质中硫分增高。同时,煤中镜质组含量增高, V/I 增大。反之,水介质动力条件越强,水中活性氧的氧化作用或水流异地沉积作用就越大,煤的灰分产率就越高,且煤或泥炭中惰质组和碎屑组分的含量增高,而镜质组含量降低,硫分降低,植物遗体凝胶化程度减小和植物结构保存程度更好。因此, A_d 、 V/I 、 I_{TP} 、 I_G 及有机硫(S_o)等作为沼泽水介质动力条件的分析参数具有重要意义。图3显示39号煤层各分层灰分产率与 V/I 、 I_G 、 $w(S_o)$ 三个参数之间具有负相关关系,与 I_{TP} 之间呈正相关性。所以, V/I 、 I_{TP} 、 I_G 、有机硫含量可作为指示39号煤层泥炭沼泽水动力条件的标志。

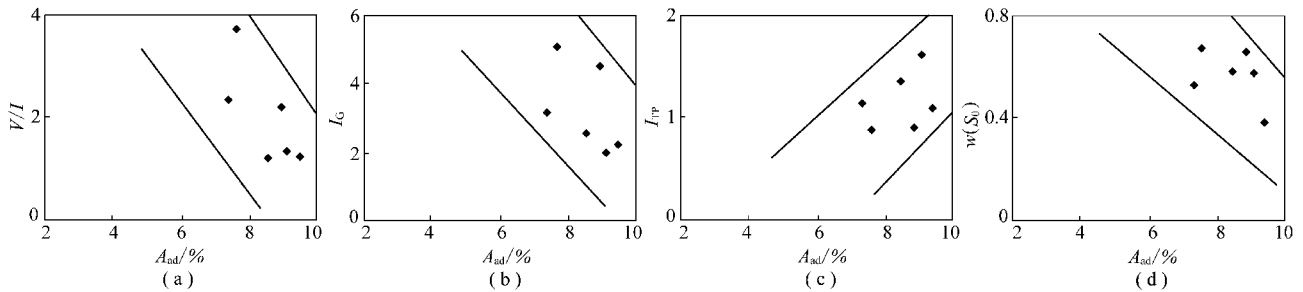


图3 39号煤层灰分产率与有关参数的关系

Fig. 3 The relation of ash yield and relative parameters of coal seam No. 39

从表1可以看出: $S_{t,d}$ 与 I_G 、 V 成正相关,与 I_{TP} 成负相关,在煤层中下部 I_G 、 V 值最高,分别为5.15%和73.26%,向上减小,即由小一大一小的变化趋势, I_{TP} 经历由大一小一大的变化,说明39号煤层在形成过程中沼泽覆水由浅—深—浅,水动力由弱—强—弱的变化过程,这与39号煤所经历的浅覆水沼泽—强覆水沼泽—障壁岛—泻湖沼泽—闭流沼泽相吻合。研究表明,煤层中硫分含量与覆水程度和海水的影响相关,煤中总硫含量在垂向上的变化趋势明显受沼泽环境的控制。

4 煤相类型及其演化分析

4.1 煤相类型的划分

通过对39号煤顶底板及整个含煤岩系的沉积学分析,知道其形成背景是一种海陆过渡带的碎屑滨岸带、障壁岛—泻湖、潮坪等环境。这种古地理格局表明了煤层在形成过程中,一方面可能会受到海水侵入的影响;另一方面也可能遭受陆表河流的影响。通过成因研究,在39号煤层中均找到了这2种外界水流侵入所留下的确证。

不同的环境中发育有不同的植物组合。煤中可

辨认的植物残体及煤核植物群的面貌不仅可以反映泥炭沼泽中成煤植物群属种的组成特征,而且通过对它们生态学的研究,也可以反映成煤沼泽的一些其他特征(如气候的干湿、覆水的深浅及水介质的盐度等)。39号煤成煤植物以科达类、种子蕨类占优势,真蕨类和苏铁也较为常见^[19],反映了成煤沼泽环境较为湿润、覆水,而科达类植物的存在则反映了沼泽水介质为半咸水。

在上述分析的基础上,以成因类型的划分为依据,结合古植物学特征,对39号煤的煤相类型进行了划分,共划分出4种煤相类型:闭流沼泽相(A)、障壁岛—泻湖沼泽相(B)、强覆水森林沼泽相(C)和浅覆水森林沼泽相(D)(图2)。

4.2 煤相类型演化

39号煤层从下往上,煤相类型演化大体经历了闭流沼泽相(A)、障壁岛—泻湖沼泽相(B)、强覆水森林沼泽相(C)和浅覆水森林沼泽相(D)的过程。具体特点:

(1)闭流沼泽相。由于沼泽水位升高,致使植物无法生长,沉积相由泥炭沼泽演化成为一种闭流沼泽环境,沉积物为软泥,其特征是富含黏土矿物,有机组

分以镜质组为主,结构保存指数较低,氧化指数小。

(2)障壁岛-泻湖沼泽相。由于沼泽受到海水的入侵,水体加深且被咸化,形成一种类似于泻湖的闭塞的半咸水沼泽环境,其特征是富含黄铁矿,有机组分中镜质组含量高, I_C 、 I_{TP} 值均比较高。

(3)强覆水森林沼泽相。以镜质组为主,其他组分较少;镜质组中又以结构镜质体和基质镜质体占优势,均质镜质体和镜屑体为次, I_C 和 I_{TP} 值较高。这种特征反映了沼泽覆水程度较高,同时植物体遭受分解破坏的程度较弱。

(4)浅覆水森林沼泽相。以镜质体为主,且镜质组中以结构镜质体和基质镜质体为主,均质镜质体和镜屑体为次,其 I_C 和 I_{TP} 指数均比较高。表示沼泽覆水较浅,但程度不够,存在局部干涸地区或短时期的疏干,其水体氧化性较差,为一种滞流环境。

煤层中部由于有海水侵入增强而产生了局部的煤相变化与小旋回结构变化,但总体上其煤相组合演化规律明显但旋回结构常不完整。

4.3 各种煤相类型出现的频度

对39号煤层的成煤沼泽煤相类型的比例进行了统计(表2),结果表明,无论是从出现频度还是从在整个沼泽演化过程中所占的比例来看,强覆水森林沼泽相是本区39号煤层煤相类型的主体,在整个煤层剖面中均有分布,表明它在沼泽演化的过程中一直占有主导地位。浅覆水森林沼泽相在煤层发育过程中占有一定的比例,特别是在煤层的上下部出现较为频繁,往往与强覆水森林沼泽相交交互出现,表现出一种周期性旋回结构。这表明了39号煤层的形成环境总体说来还是比较潮湿的。在成煤沼泽发育的中期阶段,其经受了海水的频繁影响,经受了数次海水的入侵,形成过短暂的泻湖-半咸水沼泽相沉积。在沼泽的整个演化过程中,还偶尔出现了闭流沼泽相,但他们所占的比例很小。

表2 煤相类型出现的频度及比例

Table 2 Frequency and proportion of coal facies type in coal seam No. 39

煤相类型	出现的频度	所占的比例/%
闭流沼泽相	1	7.1
泻湖-半咸水沼泽相	2	14.3
强覆水森林沼泽相	6	42.9
浅覆水森林沼泽相	5	35.7

5 结 论

(1)强覆水森林沼泽相是本区39号煤层煤相类

型的主体,在整个煤层剖面中均有分布,表明它在沼泽演化的过程中一直占有主导地位。浅覆水森林沼泽相在煤层发育过程中占有一定的比例,特别是在煤层的上下部出现较为频繁,煤层从下到上表现出明显的周期性旋回结构。

(2)39号煤层从下往上,煤相类型演化大体经历了闭流沼泽相(A)、障壁岛-泻湖沼泽相(B)、强覆水森林沼泽相(C)和浅覆水森林沼泽相(D)的过程。

(3)沼泽水动力条件经历了由弱—强—弱的演化过程,沼泽水流具有由滞流—活动—滞流的周期性变化特点,泥炭沼泽水介质总体上处于弱—强还原环境。

(4)39号煤在其形成过程中不断受到海、陆两方面的影响。沼泽中既有陆表河流的穿插,也可以由潮道构成的海水进出通道,泥炭沼泽发育过程呈现出波动式特征,导致泥炭沼泽类型呈跳跃式演化,从而形成了一套海陆交互的成煤沼泽环境,构成包括障壁岛-泻湖、泥炭坪、森林沼泽、河流、潮道等沉积相在内的复杂沉积体系。

参考文献:

- [1] 韩德馨,杨 起. 中国煤田地质学(上册)[M]. 北京:煤炭工业出版社,1979.
- [2] 热姆丘日尼柯夫 IOA,金兹堡 AV. 煤岩学原理[M]. 陈钟惠,李廉清,译. 北京:科学出版社,1965.
ЖЕМЧУЖНИКОВИОА, ГИНЗБУРГАВ. Principles of coal [M]. Chen Zhonghui, Li Lianqing, Trans. Beijing: Science Press, 1965.
- [3] 热姆丘日尼柯夫 IOA. 煤系、煤层和煤的研究方法[M]. 李廉清,译. 北京:科学出版社,1963.
ЖЕМЧУЖНИКОВИОА. Coal measures, coal seam and coal research methods [M]. Li Lianqing, Trans. Beijing: Science Press, 1963.
- [4] 秦 勇,王文峰,李壮福,等. 海侵作用影响下的高分辨煤相序列及其古泥炭沼泽发育模式——以山西北部安太堡上石炭统太原组11号煤层为例[J]. 地质学报,2008,82(2):234-246.
Qin Yong, Wang Wenfeng, Li Zhuangfu, et al. High-resolution coal facies sequence and peat paleo-bog pattern during the transgression [J]. Acta Geological Sinica, 2008, 82(2): 234-246.
- [5] 代世峰,周义平,任德怡,等. 重庆松藻矿区晚二叠世煤的地球化学和矿物学特征及其成因[J]. 中国科学(D辑:地球科学), 2007,37(3):353-362.
Dai Shifeng, Zhou Yiping, Ren Deyi, et al. Late permian coal geochemistry and mineralogy characteristic and origin in Songzao coal field of Chongqing [J]. Science in China (Series D: Earth Sciences), 2007, 37(3): 353-362.
- [6] 秦金波,吴顺福,王相会,等. 张家口北部侏罗纪煤田聚煤规律及资源预测[J]. 地质学报,2009,83(5):738-747.
Qin Jinbo, Wu Shunfu, Wang Xianghui, et al. Coal accumulating law and resources prediction of jurassic coalfield in Northern Zhangjiakou [J]. Acta Geological Sinica, 2009, 83(5): 738-747.

- [7] 黄曼,邵龙义,鲁静,等.柴北缘老高泉地区侏罗纪含煤岩系层序地层特征[J].煤炭学报,2007,32(5):485-489.
Huang Man, Shao Longyi, Lu Jing, et al. The sequence stratigraphy of the middle jurassic coalmeasures in the Laogaoquan region of the Northern Qaidam Basin[J]. Journal of China Coal Society, 2007, 32(5):485-489.
- [8] 张井,王士俊,唐家祥.新疆伊犁盆地侏罗纪煤岩特征及煤相[J].煤田地质与勘探,1996,12(3):21-26.
Zhang Jing, Wang Shijun, Tang Jiaxiang. Petrographic characteristics and coal facies of jurassic coal in Yili Basin, Xinjiang[J]. Coal Geology & Exploration, 1996, 12(3):21-26.
- [9] 王省民,郑浚茂.山西大同晚古生代含煤地层的沉积特征及其层序地层意义[J].地质论评,1997,43(1):85-90.
Wang Xingmin, Zheng Junmao. Depositional characteristics and sequence stratigraphic significance of late paleozoic coal-bearing strata in Datong, Shanxi[J]. Geological Review, 1997, 43(1):85-90.
- [10] 秦勇,王文峰,宋党育,等.山西平朔矿区上石炭统太原组11号煤层沉积地球化学特征及成煤微环境[J].古地理学报,2005,7(2):250-261.
Qin Yong, Wang Wenfeng, Song Dangyu, et al. Geochemistry characteristics and sedimentary micro-environments of No. 11 coal seam of the Taiyuan formation of upper carboniferous in Pingshuo mining district, Shanxi Province[J]. Journal of Palaeogeography, 2005, 7(2):250-261.
- [11] 代世峰,任德贻,李生盛,等.内蒙古准格尔黑岱沟主采煤层的煤相演替特征[J].中国科学(D辑:地球科学)2007,37(S1):119-126.
Dai Shifeng, Ren Deyi, Li Shengsheng, et al. Coal facies succession characteristics of the main coal seam in Inner Mongolia Zhungeer Heidaigou[J]. Science in China(Series D:Earth Sciences), 2007, 37(S1):119-126.
- [12] 方爱民,雷家锦,金奎励,等.山西西山煤田7号煤层煤相研究[J].中国煤田地质,2003,15(5):12-16.
Fang Aimin, Lei Jiajin, Jin Kuili, et al. An anthracographic study on No. 7 coal in Xishan Coalfield, Shanxi[J]. Coal Geology of China, 2003, 15(5):12-16.
- [13] 代世峰,任德贻,唐跃刚,等.乌达矿区主采煤层泥炭沼演化及其特征[J].煤炭学报,1998,23(1):7-11.
Dai Shifeng, Ren Deyi, Tang Yuegang, et al. The evolution and characteristic of peat swamp in Wuda Coalfield[J]. Journal of China Coal Society, 1998, 23(1):7-11.
- [14] 刘国荣,马东民,王钟秀,等.冷水江矿区测水组含煤段沉积环境及聚煤规律[J].煤炭学报,1999,24(1):1-6.
Liu Guorong, Ma Dongmin, Wang Zhongxiu, et al. Sedimentary environment and coal accumulation of coal bearing member of ceshui formation in Lengshuijiang coal mine field[J]. Journal of China Coal Society, 1999, 24(1):1-6.
- [15] 杜振川,金瞰昆,闫纯有,等.百色盆地早第三纪高分辨率层序地层特征及聚煤作用[J].煤炭学报,2001,26(5):463-467.
Du Zhenchuan, Jin Kankun, Yan Chunyou, et al. High-resolution sequence stratigraphic characteristics and coal-accumulation in paleogene period of Baise Basin[J]. Journal of China Coal Society, 2001, 26(5):463-467.
- [16] 许福美,方爱民.山东兖州矿区太原组16号煤层煤相研究[J].煤田地质与勘探,2005,33(4):10-13.
Xu Fumei, Fang Aimin. Coal facies analysis upon No. 16 coal seam in Yanzhou coal field of Shandong Province, North China[J]. Coal Geology & Exploration, 2005, 33(4):10-13.
- [17] 宋伯钟,卢松官.福建省主要含煤地层煤质特征及影响因素探讨[J].福建地质,1988,7(1):11-22.
Song Bozhong, Lu Songguan. Discussions of the influence factors on characteristics of major coal-bearing strata in Fujian Province[J]. Geology of Fujian, 1988, 7(1):11-22.
- [18] 黄世强.福建省三明地区早二叠世晚期潮坪沉积特征及其对聚煤作用的影响[J].福建地质,1988,7(1):1-10.
Huang Shiqiang. Characteristics of tidal flat deposits of the late period of early permian and its effects on coal-accumulation in Sanming, Fujian Province[J]. Geology of Fujian, 1988, 7(1):1-10.
- [19] 陈钟惠.福建下二叠系童子岩组的沉积环境和聚煤规律[M].武汉:中国地质大学出版社,1993.
Chen Zhonghui. Sedimentary environment and coal accumulating regularities of the lower permian Tongziyan formation, Fujian Province[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1993.
- [20] 张湘炳.闽西某地注型煤田地质特征[J].大地构造与成矿学,1978(1):57-62.
Zhang Xiangbing. Geologicentivity of hollow types coal field in somewhere of Southwestern Fujian area[J]. Geotectonica Et Metallogenia, 1978(1):57-62.
- [21] 吴臣奇.龙永煤田煤层形变因素浅析[J].煤田地质与勘探,1984,12(6):34-35.
Wu Chenqi. Research on Longyong coal seam deformation characteristics and deformational factors[J]. Coal Geology & Exploration, 1984, 12(6):34-35.
- [22] Moore T A, Stanton R W, et al. Maceral and palynomorph facies from two tertiary peat-forming environments in the Powder River Basin, U. S. A. [J]. Int. J. Coal Geo., 1990, 15:293-316.
- [23] Diessel C F K. On the correlation between coal facies and depositional environment; advances in the study of the Sydney Basin[A]. Proceedings of 20th Symposium of University of Newcastle [C]. Newcastle, 1986:19-22.