

# 鸳鸯湖矿区延安组含煤地层沉积特征及聚煤规律

李建国<sup>1</sup>, 何伟<sup>2</sup>, 郑毅<sup>2</sup>

(1. 宁夏地质矿产勘查开发局, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏矿产地质调查院, 宁夏 银川 750021)

**摘要:** 分析了宁夏鸳鸯湖矿区中侏罗统延安组地层沉积特征, 说明其整体呈现出明显的三段式充填特点, 可划分为5个岩性段和9个充填层序, 各岩性段以沉积间断面或稳定煤层的顶界面作为分界。煤层沉积主要受古地理环境影响, 局部受构造控制明显, 沉积环境为以河流作用为主的湖泊三角洲, 聚煤作用主要发生于废弃的三角洲平原上, 在第1、第3岩性段形成区内具有工业价值的主要煤层。通过分析鸳鸯湖矿区延安组地层沉积环境演化及聚煤规律, 说明延安组沉积特征垂向上显示浅湖三角洲体系分布在含煤地层中部, 而河流体系分布在含煤地层的下部和顶端, 总体上构成聚煤程度随充填演化过程具有周期性变化的特点。

**关键词:** 鸳鸯湖矿区; 延安组; 煤层; 沉积特征; 聚煤规律

中图分类号: P618.11 文献标志码: A 文章编号: 1006-6772(2014)03-0057-04

## Sedimentary characteristics and coal accumulation law of Yan'an Formation coal seam in Yuanyanghu coal mine

LI Jianguo<sup>1</sup>, HE Wei<sup>2</sup>, ZHENG Yi<sup>2</sup>

(1. Exploration & Development Bureau of Geology & Mineral Resources of Ningxia, Yinchuan 750021, China;

2. Ningxia Mineral Institute of Geological Survey, Yinchuan 750021, China)

**Abstract:** Analyze the Middle Jurassic Yan'an Formation sedimentary characteristics of Ningxia Yuanyanghu coal mine. The results show a clear three layers filling features. The Yan'an coal-bearing strata can be divided into five lithology members and nine infilling sequences, and boarders with sedimentary hiatus or roof of stable coal seams. Coal deposition is mainly affected by the environmental impact of ancient geography, some are obviously controlled by local tectonic. The depositional environment is fluvial-dominated delta lakes, coal accumulation occurs mainly on the abandoned delta plain, industrial seams mainly distribute in the first and third lithology members. Sedimentary characteristics of Yan'an formation shows that shallow lake delta system distributes in the middle of coal-bearing strata vertically, with river system in the lower and the top. Coal accumulation extent cyclical changes with filling evolution.

**Key words:** Yuanyanghu coal mine; Yan'an Formation; coal seam; sedimentary characteristics; coal accumulation law

## 0 引言

鸳鸯湖矿区位于宁夏回族自治区宁东煤田, 矿区由北至南分布清水营、梅花井、石槽村、红柳和麦垛山5个大型井田。煤种主要为不黏煤和长焰煤, 具有低灰、低硫、低磷、较高发热量、中等水分等特征, 是良好的气化和动力用煤。大地构造位置处于鄂尔多斯盆地西缘冲断、推覆构造带中北部<sup>[1-2]</sup>, 东

临天环凹陷, 西接六盘山弧形构造带, 呈一南北向之狭长地带<sup>[3]</sup>。北部以褶皱为主, 断层稀少, 向南断层发育破坏了褶皱的完整性<sup>[4-6]</sup>。矿区内出露的地层有三叠系、侏罗系、白垩系、古近系和第四系, 含煤地层为侏罗系中统延安组, 含主要可采煤层7层。

## 1 延安组地层沉积特征

延安组地层在矿区西南部有零星出露, 钻孔揭

收稿日期: 2014-02-08; 责任编辑: 白娅娜 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2014.03.015

基金项目: 宁夏自然科学基金资助项目(NZ13251)

作者简介: 李建国(1962—), 男, 宁夏贺兰人, 煤田地质高级工程师, 从事煤田地质勘查工作。E-mail: yjlr1118@163.com

引用格式: 李建国, 何伟, 郑毅. 鸳鸯湖矿区延安组含煤地层沉积特征及聚煤规律[J]. 洁净煤技术, 2014, 20(3): 57-60, 65.

LI Jianguo, HE Wei, ZHENG Yi. Sedimentary characteristics and coal accumulation law of Yan'an Formation coal seam in Yuanyanghu coal mine [J]. Clean Coal Technology, 2014, 20(3): 57-60, 65.

露厚度 262.45 ~ 367.88 m, 平均 293.53 m, 岩性由灰(灰白)色长石石英砂岩、深灰(灰黑)色粉砂岩、泥岩、煤和少量含铝质泥岩组成。底部以一套浅白或黄色带红斑的粗粒砂岩、含砾粗砂岩与下伏三叠系上田组呈平行不整合接触。该组上、下部均为较粗的含煤碎屑充填, 中部为较细的含煤碎屑充填(含典型的湖相泥岩层), 整体呈现出明显的三段式充

填特点<sup>[7]</sup>。据此可将其进一步划分为 5 个岩性段(由下往上依次编号  $J_2y^1 \sim J_2y^5$ ) 和 9 个充填层序(层序 1 ~ 层序 9)(图 1), 各岩性段通常以沉积间断面或稳定煤层的顶界面作为分界<sup>[8-9]</sup>。

1.1 延安组第 1 段( $J_2y^1$ )

自底界到 16 煤层顶板, 厚 22.00 ~ 52.19 m, 平均厚 36.07 m。以冲积河道砂质沉积为主, 由一个

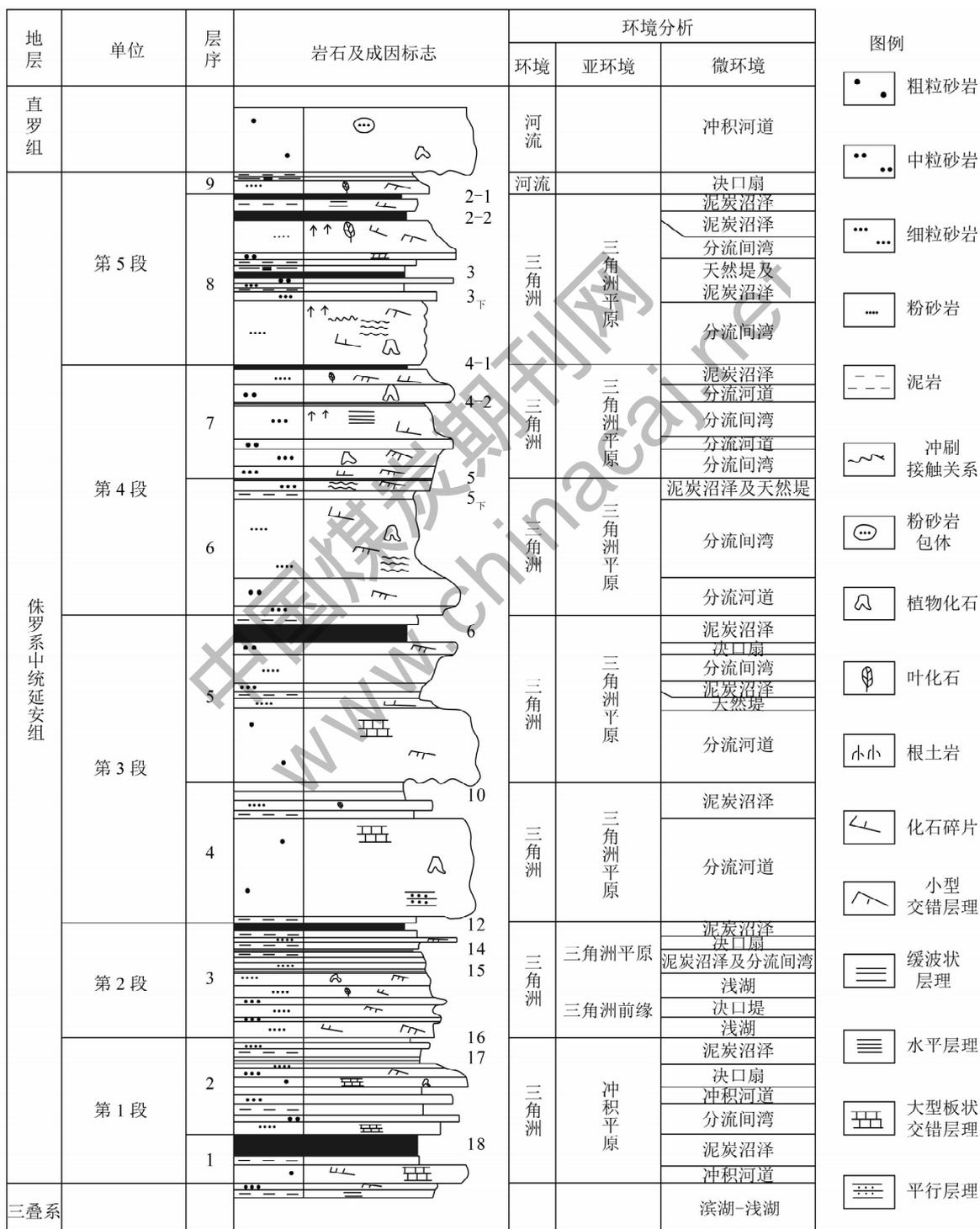


图 1 鸳鸯湖矿区延安组含煤地层沉积环境特征

总体向上变细的河道充填层序构成(层序1),岩性以灰白色砂岩为主(宝塔山砂岩),夹粉砂质泥岩,煤层位于层序上部,含煤3层(编号18、17、16)。

延安组第1段记录了延安组早期的沉积特征,其下部的宝塔山砂岩是典型的冲积河道成因砂岩体,构成了延安组沉积初期的沉积环境格架,河道性质可能接近于低弯度的曲流河。在河道两侧发育泛滥盆地和漫滩沼泽,岩性以砂质为主,厚度变化较大,反映了沉积初期古地形的起伏不平及填平补齐性质。由于古地形随沉积作用渐趋淤平及河道的废弃,使河道两侧的泥炭沼泽环境进一步扩展,形成分布较广的中厚~厚煤层。总体来看,该段煤层发育受到古河道的控制。

### 1.2 延安组第2段( $J_2y^2$ )

自16煤层顶板到12煤层顶板,厚38.77~60.86 m,平均厚47.11 m。该段由两个向上变粗的三角洲充填层序构成(层序2、层序3),岩性以灰~灰白色粉砂岩、细粒砂岩为主,夹薄层泥岩和煤层,煤层位于每个层序的顶部,主要有3层(编号15、14、12)。

### 1.3 延安组第3段( $J_2y^3$ )

延安组第3段沉积环境较为稳定,持续时间长,在河间平原及废弃分流河道上发育沼泽相,聚煤作用强。该段自12煤层顶板到6煤层顶板,厚59.29~96.20 m,平均厚75.46 m。由两个典型的向上变粗的三角洲充填层序构成(层序4、层序5),砂岩位于各层序的中下部,层序上部则以粉砂岩、细粒砂岩为主并夹有薄煤层,层序4和层序5的顶部分别含10和6两层分布广且较稳定的厚煤层。

### 1.4 延安组第4段( $J_2y^4$ )

延安组自第4段开始砂岩增多,粒度渐粗,说明相对稳定的沉积阶段已结束,进入了活跃沉积阶段。第4段自6煤层顶板到4煤层顶板,厚60.37~104.50 m,平均77.38 m。由两个三角洲充填层序构成(层序6、层序7),下部岩性为厚层状灰白色粗砂岩-中粒砂岩组合,局部含砾;上部为薄层状灰黑色粉砂岩、泥岩、砂质泥岩及煤层。煤层位于层序的上部和顶部,5煤层位于层序6上部,4煤层位于层序7顶部。与其他层段相比,该段含煤性最差。

延安组第2~4段在矿区内显示沉积构成与古环境配置关系近似,与下伏第1段相比有明显不同,出现向上变粗的三角洲层序,发育典型的湖相泥岩层,这些特点表明沉积环境由冲积平原环境演化为浅湖三角洲环境。

本区三角洲环境以三角洲平原占优势为主要特点,从沉积构成上则显示以三角洲平原相组合为主。在三角洲平原上,主分流河道间以决口扇和决口三角洲构成主要的古环境配置关系,且这种古环境配置与厚煤带的形成密切相关,各岩性段不同层序顶部均分布较稳定的中厚~厚煤层。

在垂向上,第2~4段由前三角洲-浅湖泥质沉积、三角洲前缘较细的砂质沉积再到三角洲平原沉积和顶部的泥炭沼泽沉积,反映了浅湖三角洲的整个发育过程。受区域性水进水退的影响,该过程具有阶段性重复的特点,在三角洲平原发育阶段还伴随着决口和溢岸作用及分流河道的侧向迁移,从而造成粒序向上变细的多次重复的特点。

### 1.5 延安组第5段( $J_2y^5$ )

延安组沉积晚期地壳抬升,出现了河流沉积体系,标志着延安组含煤岩系沉积趋于结束。第5段自4煤层顶板到含煤地层的顶界,厚49.73~79.85 m,平均厚60.92 m,由下部向上变粗的三角洲充填和上部向上变细的河流充填两个层序构成(层序8、层序9)。下部三角洲充填层序以灰白色砂岩为主,3煤层位于层序8上部;上部河流充填层序的顶界受上覆直罗组底部砂体的冲刷,层序保存不完整,2煤层位于层序9的顶部,缺失1煤层。

第5段沉积构成与下伏岩性相似,但缺乏典型的湖相泥岩层,且含砂率较高,反映该时期湖水渐趋消退的特点。该段下部层序特征显示为以分流河道为主要沉积环境的古环境配置关系,分流河道间湾广泛发育。第5段在垂向上呈现向上变细的特点,表明矿区在延安组沉积晚期可能存在冲积河道和泛滥盆地的古环境配置关系。

## 2 沉积环境演化及聚煤规律

鸳鸯湖矿区煤层沉积主要受古地理环境影响,局部受构造控制明显<sup>[10]</sup>。鸳鸯湖背斜东翼是矿区的主要赋煤构造,而鸳鸯湖背斜南部转折处是矿区聚煤中心,后期构造运动局部改变了煤层厚度,同时破坏了矿区完整性。延安组含煤地层沉积环境为以河流作用为主的湖泊三角洲面貌,在矿区内发育大型鸟足状河流入湖三角洲<sup>[8,11]</sup>。延安组的形成经历了冲积平原、浅湖三角洲又复向冲积平原过渡的充填演化过程,每一充填阶段均具有明显的周期性变化,且存在各种不同的沉积组合和沉积相构成单元,这种充填形式决定了本区聚煤特点<sup>[12-13]</sup>,表现为聚煤作用主要

发生于废弃的三角洲平原之上,并形成区内具有工业价值的主要煤层<sup>[14-15]</sup>。

矿区延安组含煤地层在垂向上显示浅湖三角洲体系分布在含煤地层中部,河流体系分布在含煤地层下部和顶端。而平面上,各主要煤层的厚度变化趋势不同(表1)。17、18煤层向西南分叉尖灭及砂体厚度变化,不仅反映了古环境的变化,同时反映了沉积初期由西南向东北的水进过程;12煤层全区沉积,厚度基本稳定,说

明12煤层沉积期,全区基本处于准平原化的泥炭沼泽环境;10、6煤层在矿区北部分叉变薄,反映了分流河道的广泛发育,上游长期处于泥炭沼泽环境,下游汇聚为内陆湖泊的古地理环境;延安组晚期经历了两次水进振荡,沉积了3、2煤层,随着最后一次由西南向东北大规模的水进,沉积了巨厚层砂体,全区进入深水环境结束了延安组沉积。总体上构成聚煤程度随充填演化过程具有周期性变化的特点。

表1 鸳鸯湖矿区延安组主要煤层及其围岩特征

煤层编号	主要煤层沉积特征	围岩沉积特征
2	北厚南薄,在矿区中部由北东向南西分叉,上分层向南尖灭,下分层向东南与3煤层局部有合并趋势	顶:矿区中部向北东砂岩粒度变细,厚度变化不大,向南西泥质成分增加,砂岩厚度增加;底:粉砂岩、泥岩为主
4	中部厚,南北薄;矿区中部局部合并,向北分叉变薄,向南分叉变薄然后逐渐变厚	顶:煤层合并区以砂岩为主,沿煤层分叉方向砂岩厚度增加,泥质成分增多;底:粉砂岩、泥岩为主,局部砂岩
6	矿区中部厚、南部薄,由中部向北分叉,下分层逐步尖灭	顶:以砂岩为主,南部厚,北部薄;底:粉砂岩、泥岩为主
10	矿区中部厚、南部薄,由中部向北分叉,下分层逐步尖灭	顶:以砂岩为主,南部厚,北部薄;底:粉砂岩、泥岩为主
12	西北较薄,中部较厚,总体厚度变化不大	顶:以中、细粒砂岩为主,厚度变化不大;底:粉砂岩、泥岩为主,局部细粒砂岩
17	北部厚,中部薄,向西南分叉逐步尖灭	顶:以中粒砂岩、细粒砂岩为主;底:以细粒砂岩、粉砂岩为主
18	中部厚,北部薄,由矿区中部向南分叉变薄,向西分叉变薄尖灭	顶:以细粒砂岩、粉砂岩为主;底:多为粗粒砂岩,中部局部含砾,向西南细粒成分增多

### 3 结 论

1) 鸳鸯湖矿区延安组含煤地层上、下部较粗而中部较细,整体呈现出明显的三段式充填特点,可进一步划分为5个岩性段和9个充填层序,各岩性段以沉积间断面或稳定煤层的顶界面作为分界。

2) 延安组第1段以冲积河道砂质沉积为主,由一个上变细的河道充填层序构成,厚度差异性反映出沉积初期古地形的起伏不平及填平补齐性质;第2~4段沉积特征较为相似,沉积环境由冲积平原环境演化为浅湖三角洲环境,发育典型的湖相泥岩层,各岩性段不同层序顶部均分布较稳定的中厚~厚煤层;第5段含砂率较高,缺乏湖相泥岩层,反映该时期湖水渐趋消退的特点,沉积晚期可能存在冲积河道和泛滥盆地的古环境配置关系。

3) 鸳鸯湖矿区延安组煤层沉积主要受古地理环境影响,沉积环境为以河流作用为主的湖泊三角洲,聚煤作用主要发生于废弃的三角洲平原上,垂向上显示浅湖三角洲体系分布在含煤地层中部,河流体系分布在含煤地层下部和顶端,总体上构成聚煤

程度随充填演化过程具有周期性变化的特点。

#### 参考文献:

- [1] 张家声,何自新,费安琪,等.鄂尔多斯西缘北段大型陆缘逆冲推覆体系[J].地质科学,2008,43(2):251-281.
- [2] 张泓,白清昭,张笑薇,等.鄂尔多斯聚煤盆地的形成及构造环境[J].煤田地质与勘探,1995,23(3):1-9.
- [3] 郑毅,何伟,柳强,等.六盘山盆地硝口地区岩盐矿物学特征及地质成因分析[J].洁净煤技术,2012,18(5):119-123.
- [4] 许浩,汤达祯,唐书恒,等.鄂尔多斯盆地西部侏罗系煤储层特征及有利区预测[J].煤田地质与勘探,2010,38(1):26-28,32.
- [5] 陶树,汤达祯,许浩,等.沁南煤层气井产能影响因素分析及开发建议[J].煤炭学报,2011,36(2):194-198.
- [6] 许浩,张君峰,汤达祯,等.鄂尔多斯盆地苏里格气田低压形成的控制因素[J].石油勘探与开发,2012,39(1):64-68.
- [7] 夏浩东.宁夏宁东煤田积家井矿区延安组含煤地层沉积特征[J].洁净煤技术,2012,18(3):103-105,123.
- [8] 崔建忠.宁夏清水营井田延安组层段划分及沉积环境演化[J].中国矿业,2009,21(11):16-21,45.

(下转第65页)

表 3 协同试验结果

设备型号	内筒外径/mm	外筒内径/mm	表观黏度/(mPa·s)			
			油煤浆 E	油煤浆 F	油煤浆 G	油煤浆 H
Gemini2	34.0	38.0	47	101	128	250
NXS-11A	31.8	40.0	102	311	688	883
HAAKE-VT550	40.0	42.0	69	165	307	584

由表 3 可知,同一样品在不同仪器上测定结果相差很大,不具有可比性。这是由于内、外筒的几何构型(外筒内径、内筒外径、环隙大小、筒高等)不同,导致测定样品黏度时产生的剪应力、煤粉沉降情况等均不同。因此,对于表现非牛顿流体性质的油煤浆,需在同一型号仪器上测定黏度,其结果才具有可比性。由于没有相同型号的黏度计进行协同试验,暂不对再现性限做出规定。

#### 4 结 语

通过研究油煤浆表观黏度测定方法,考察了剪切速率、测量温度、样品放置时间、读数开始时间等因素对油煤浆表观黏度测值的影响,确定了油煤浆表观黏度测定方法的精密度,并发布了 GB/T 30045—2013《煤炭直接液化 油煤浆表观黏度测定方法》<sup>[16]</sup>。其中,重复性限  $r = 0.13\eta_{100s-1} - 4.30$ 。目前各实验室测定油煤浆表观黏度的方法不尽相同,且由于测定仪器型号、几何构型等不同,测定结果间无可比性。本标准对仪器设备参数、试验条件、测定步骤、精密度进行规定,使测定结果可相互比对。

#### 参考文献:

- [1] 阎瑞萍,朱继生,王志杰,等. 兖州煤与石家庄减压渣油共处理的研究 I—共处理对煤液化转化率及产物分布的影响[J]. 煤炭学报, 2000, 25(6): 655-659.
- [2] 曹征彦. 中国洁净煤技术[M]. 北京: 中国物资出版社, 1998: 436.
- [3] 戈威尔 G W, 阿济兹 K. 复杂混合物在管道中的流动(上册)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1983: 40-243.
- [4] 宋新南. 油煤浆的管道输送特性与管路设计原则[J]. 石油学报, 2003, 19(2): 94-100.
- [5] Okutani T, Yokoyama S, Maekawa Y. Viscosity of coal paste under high hydrogen pressure[J]. Fuel, 1980, 59(1): 67-69.
- [6] Deng C R, Nio T, Sanada Y, et al. Change of apparent slurry viscosity due to particle swelling during liquefaction [C]//In 1989 international conference on coal science. Tokyo [s. n.], 1989: 887-690.
- [7] Deng C R, Sanada Y, Chiba T. Effect of solvent on swelling rate and apparent viscosity of coal slurry during liquefaction [C]//In the 2nd Japan China symposium on coal and CI chemistry proceed-

ings. Tokyo [s. n.], 1988: 129-134.

- [8] Deng C R, Moritome H, Sanada Y, et al. Change of apparent viscosity of coal slurry during liquefaction [J]. Journal of the Fuel Society of Japan, 1986, 65(4): 265-272.
- [9] Deng C R, Moritome H, Sanada Y, et al. Change of apparent viscosity of coal/tetralin slurry during liquefaction [J]. Journal of the Fuel Society of Japan, 1987, 66(1): 114-120.
- [10] Deng C R, Chiba T. Mechanism of apparent viscosity variation of coal/organic solvent slurry during heating at high pressure [J]. Journal of Society of Materials Engineering for Resources of Japan, 1988, 1(1): 114-121.
- [11] Deng C R, Sanada Y, Chiba T. High-pressure softening characteristics and estimation of apparent viscosity of Drummond coal [J]. Journal of the Fuel Society of Japan, 1989, 68(8): 728-734.
- [12] Deng C R, Nio T, Sanada Y, et al. Relationship between swelling of coal particles and apparent viscosity of slurry during coal liquefaction for Akabira coal/creosote oil slurry system [J]. Fuel, 1989, 68(9): 1134-1139.
- [13] GB/T 18856.4—2008 水煤浆试验方法 第 4 部分: 表观黏度测定[S].
- [14] 于学军. 低黏度水煤浆对电站锅炉燃烧的影响及制浆技术的研究[J]. 洁净煤技术, 2003, 9(2): 20-22.
- [15] GB/T 6379.1—2004 测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第 1 部分: 总则与定义[S].
- [16] GB/T 30045—2013 煤炭直接液化 油煤浆表观黏度测定方法[S].

#### (上接第 60 页)

- [9] 雷少毅. 宁夏积家井勘查区煤层地质特征[J]. 中国煤炭地质, 2009, 21(S2): 31-35, 122.
- [10] 王双明. 鄂尔多斯盆地构造演化和构造控煤作用[J]. 地质通报, 2011, 30(4): 544-552.
- [11] 陈晓智, 汤达祯, 许浩, 等. 彬长矿区延安组煤层发育特征及其控制因素分析[J]. 中国矿业, 2011, 20(2): 110-113.
- [12] 邓春苗, 汤达祯, 许浩, 等. 彬长地区延安组煤地层沉积特征[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(1): 112-115.
- [13] 杨迎军, 郝俊茂, 宋新武, 曹家湾井田延安组煤环境分析[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(3): 117-120.
- [14] 李建国, 郝毅, 柳强. 宁夏韦州矿区煤变质规律及其成因分析[J]. 中国煤炭地质, 2013, 25(9): 6-9.
- [15] 李增学, 李江涛, 韩美莲, 等. 鄂尔多斯盆地中生界聚煤规律及对多能源共存富集的贡献[J]. 山东科技大学学报: 自然科学版, 2006, 25(2): 1-5.