

文章编号: 1001-1986(2008)06-0001-06

宝鼎盆地晚三叠世煤系层序地层与聚煤规律

鲁 静¹, 邵龙义¹, 冉隆明², 苏时才³, 魏克敏², 孙应珠³, 陈江峰¹, 于晓辉¹

(1. 中国矿业大学煤炭资源与安全开采国家重点实验室, 北京 100083;
2. 攀枝花煤业集团公司, 四川 攀枝花 617066; 3. 四川煤田地质局, 四川 成都 610072)

摘要: 运用层序地层学有关理论和方法, 根据钻井、测井等资料, 对四川宝鼎盆地晚三叠世大莽地组煤系进行了层序地层学与聚煤作用研究。共识别出12个层序界面, 并将大莽地组划分出1个二级层序、3个三级层序和11个四级层序。垂向上, 大莽地组二级层序格架下聚煤强度曲线总体呈先增强再减弱的趋势, 且以高位体系域中期(盆地稳定断陷期 SIII2)的聚煤作用最好。在该断陷盆地演化的早中期(SIV1—SIV5), 主要煤层多发育于四级层序低位体系域、湖侵体系域早期以及高位体系域中晚期; 至该盆地演化的中晚期, 随着盆地基底沉降速率减缓, 主要煤层逐渐向最大湖泛面附近迁移。

关 键 词: 断陷盆地; 晚三叠世; 层序地层学; 聚煤规律

中图分类号: P539.2; P618.1102 文献标识码: A

A sequence stratigraphic analysis and coal accumulation of Late Triassic coal measures in the Baoding Basin

LU Jing¹, SHAO Long-yi¹, RAN Long-ming², SU Shi-cai³, WEI Ke-min², SUN Ying-zhu³,
CHEN Jiang-feng¹, YU Xiao-hui¹

(1. State Key Laboratory of Coal Resources and Safety Mining, CUMT, Beijing 100083, China;
2. Panzhihua Coal Industry Group, Panzhihua 617066, China; 3. Sichuan Coalfield Geology Bureau,
Chengdu 610072, China)

Abstract: Principles and methods of sequence stratigraphy for drilling cores and well logging have been used to research these coal measures' sequence stratigraphy and coal accumulation. Twelve sequence boundaries were identified, which subdivided the Daqiaodi Formation into 1 second-order sequences, 3 third-order sequences, and 11 fourth-order sequences. Vertically, the strength of coal accumulation of the second-order sequence of the Daqiaodi Formation was characterized by increased first and then decreased, with the most favorable time of coal accumulation occurring in the middle highstand system tract (SIII2). In the early of fault basin evolution(SIV1—SIV5), the main coal seams' location close to the lowstand system tract, the early transgressive system tract and the middle-late stage of highstand system tract of the fourth-order sequence. In the middle-late stage of fault basin, with the reduction of the subsidence rate of basin basement and the position of the main coal seams transferred to nearly the maximum flooding surface.

Key words: fault basin; Late Triassic; sequence stratigraphy; coal accumulation

层序地层学在近海盆地含煤岩系中得到了广泛应用, 许多研究都从不同角度揭示了煤层在层序格架中的发育与聚集特征^[1-2]。由于陆相盆地影响基准面变化的因素及物源供给的复杂性, 这些成果是否能应用到陆相盆地还需进一步研究。本文即对扬子准地台西缘宝鼎盆地这一典型陆相断陷盆地进行层序地层分析, 探讨等时地层格架下煤层的发育与聚集特征, 以期为我国内陆含煤盆地煤炭资源的勘探

与开发提供科学依据。

1 区域地质背景

在大地构造单元上, 宝鼎盆地位于扬子准地台西缘川滇黔“菱形地块”(即康滇地轴, 但比后者略大)(图1)。晚三叠世早期, 康滇断隆带处于松潘—甘孜造山运动及特提斯边缘微陆块与扬子地台西缘软碰撞的构造松弛阶段, 攀枝花断裂复活^[3], 其西侧

收稿日期: 2008-03-18

基金项目: 国家重大基础研究发展计划(973计划)项目(2006CB202200); 国土资源部危机矿山专项基金项目(200551025)

作者简介: 鲁 静(1976—), 男, 河北保定人, 博士, 讲师, 主要从事沉积学与层序地层学的研究和教学工作。

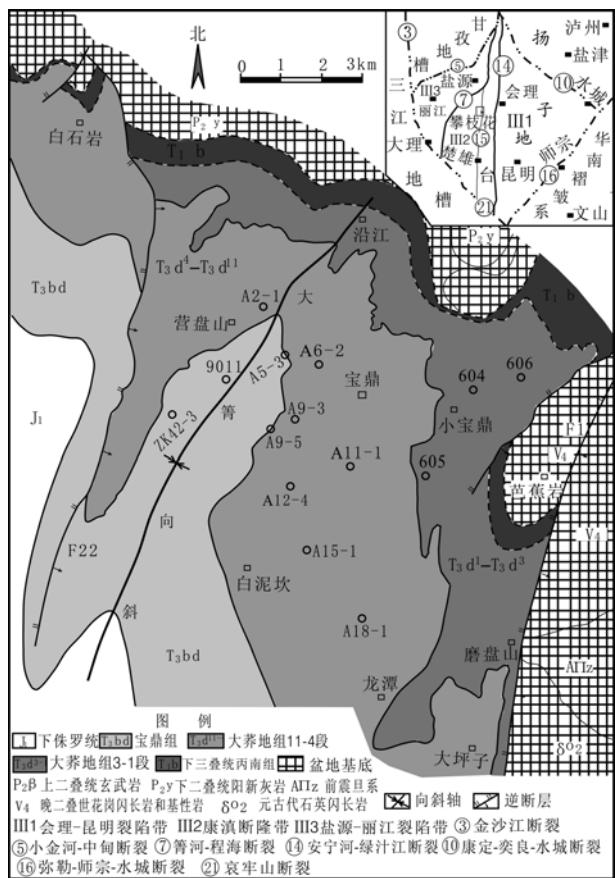


图 1 宝鼎盆地大地构造位置及地质简图

Fig. 1 Sketch map showing the tectonic location of the Baoding faulting basin and its structural outlines

早三叠世形成的宝鼎盆地再度下降，在陆相断陷盆地背景下沉积了晚三叠世早期大茅地组含煤岩系；晚三叠世晚期，伴随着东西向挤压应力增强，研究区向大型拗陷盆地转化，该期沉积的宝鼎组广泛超覆于老地层之上。

在晚三叠世早期，宝鼎盆地为一内陆断陷含煤盆地，其沉积地层 2 000 多 m 厚，含煤 120 余层，该地层即为大茅地组含煤岩系。大茅地组为一套陆

相碎屑岩沉积，其下部 1—3 段以细砂岩、粉砂岩和泥质岩为主，含煤性较差；中部 4—8 段以砂质岩为主，夹泥质岩和煤层，是主要含煤段；上部 9—11 段以砾岩为主，夹砂岩和泥质岩，含煤性减弱。自下而上碎屑岩粒度向上变粗，并经历了湖泊—三角洲—辫状河—冲积扇的沉积环境演化过程。

2 宝鼎盆地晚三叠世大茅地组煤系层序格架与含煤性

本次层序地层学研究采用“Vail”学派的观点。研究区识别出的层序界面主要包括 3 种：

a. 区域不整合面(图 2, 606 井) 早三叠世丙南组或晚二叠世玄武岩顶部与上覆大茅地组底部为一区域不整合界面，两者之间为平行不整合接触，其间有较长时期未接受沉积或遭受剥蚀。

b. 河道下切谷(图 2, 9-3 和 A2-1 井) 其伴随着基准面下降，由河流回春作用形成。下切谷充填沉积一般以叠置的厚层及透镜状砂砾岩体为特征。

c. 区域构造应力及盆地性质转换面(图 2, 9011 井) 晚三叠世大茅地组，盆地以拉张应力为主，为一受东部攀枝花断裂带控制的断陷盆地，自下而上，拉张应力减弱，沉积物粒度变粗，为一逆粒序盆地充填过程；上部宝鼎组，沉积期盆地以挤压应力为主，为一大型拗陷盆地，自下而上，挤压应力增强，为一沉积物粒度变细的正粒序盆地充填过程。

根据以上层序界面识别原则，研究区共识别出 12 个层序界面，将大茅地组划分为 1 个二级层序，3 个三级层序和 11 个四级层序。根据含植物群的时代分布，大茅地组地质时代对应于晚三叠世卡尼期至诺利早期^[4]，延续了约 14.7 Ma。因此，划分的每个三级层序延续的时间约为 4.9 Ma，四级层序延续的时间约为 1.3 Ma。大茅地组各层序发育特征分述如下(图 3、图 4)。

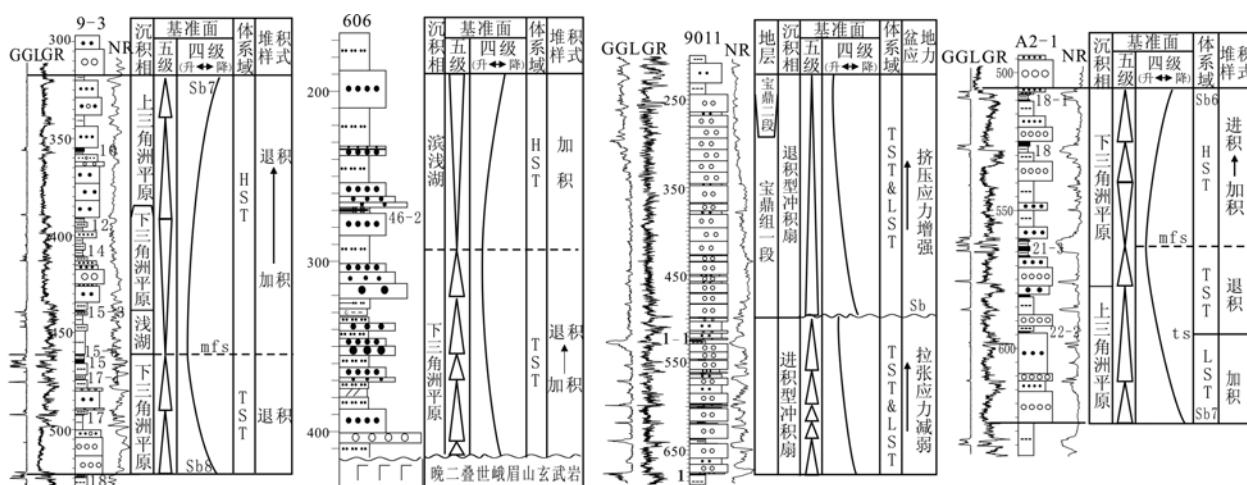


图 2 宝鼎盆地大茅地组煤系层序边界特征及四级层序样式

Fig. 2 Sketch map showing the sequence boundaries and sequence style of Daqiaodi Formation in Baoding Basin

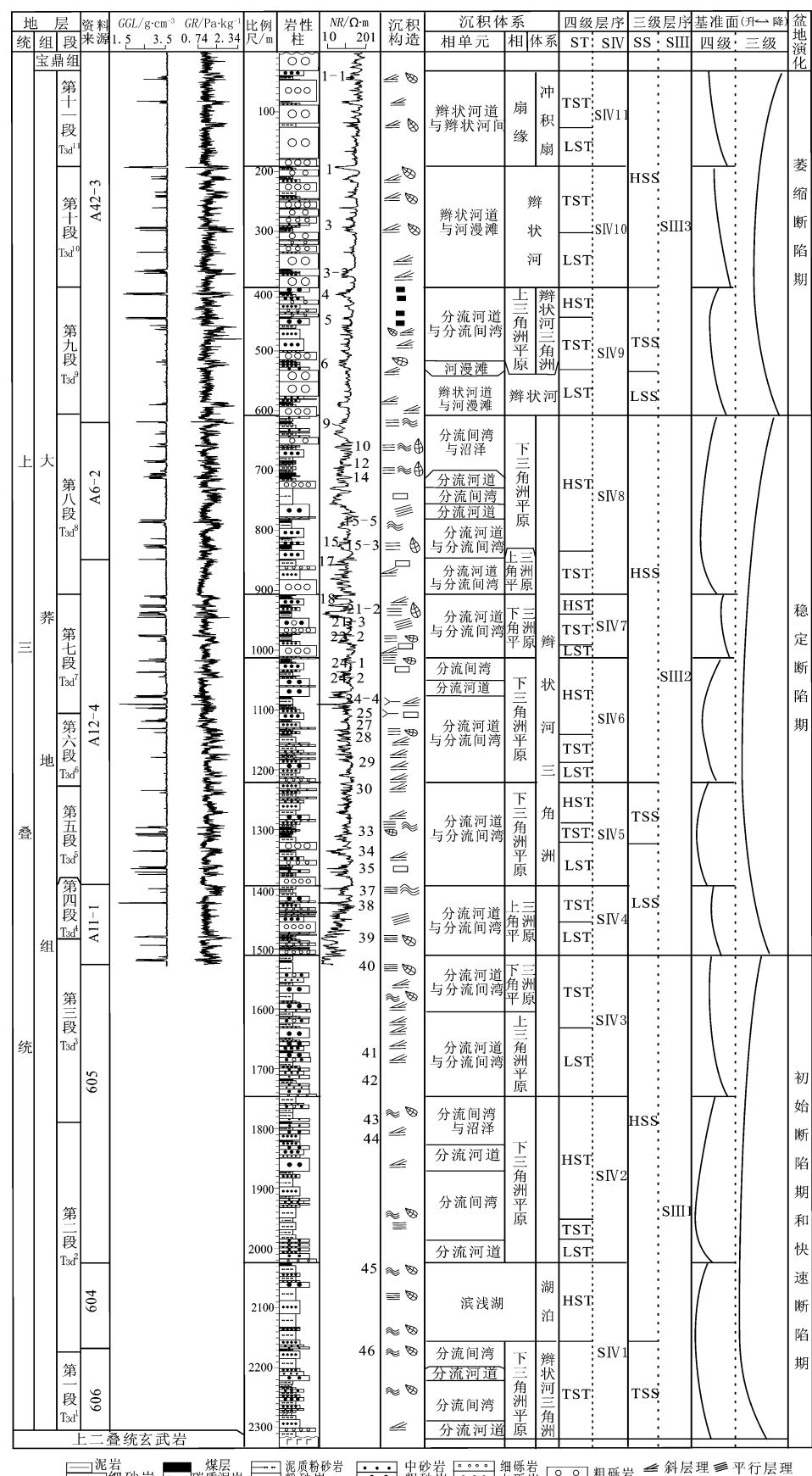


图3 宝鼎盆地大茅地组沉积相和层序地层综合柱状图

Fig. 3 Columnar section showing depositional facies and sequence stratigraphy of the Daquiaodi Formation

● 泥岩
● 细砂岩
● 煤层
● 碳质泥岩
● 泥质粉砂岩
● 粉砂岩
● 中砂岩
● 粗砂岩
● 中砾岩
● 细砾岩
● 粗砾岩
● 斜层理
● 平行层理

▲ 波状层理
■ 水平层理
□ 块状层理
○ 蒸干化石
◎ 叶片化石
LAC 湖泊 DF 前缘 LDP 下三角洲平原 UDP 上三角洲平原

BR 辫状河 AF 冲积扇 LST 低位体系域 TST 湖侵体系域 HST 高位体系域 GGL 长源距伽马测井 GR 自然伽马测井 LI3 三侧向电阻率

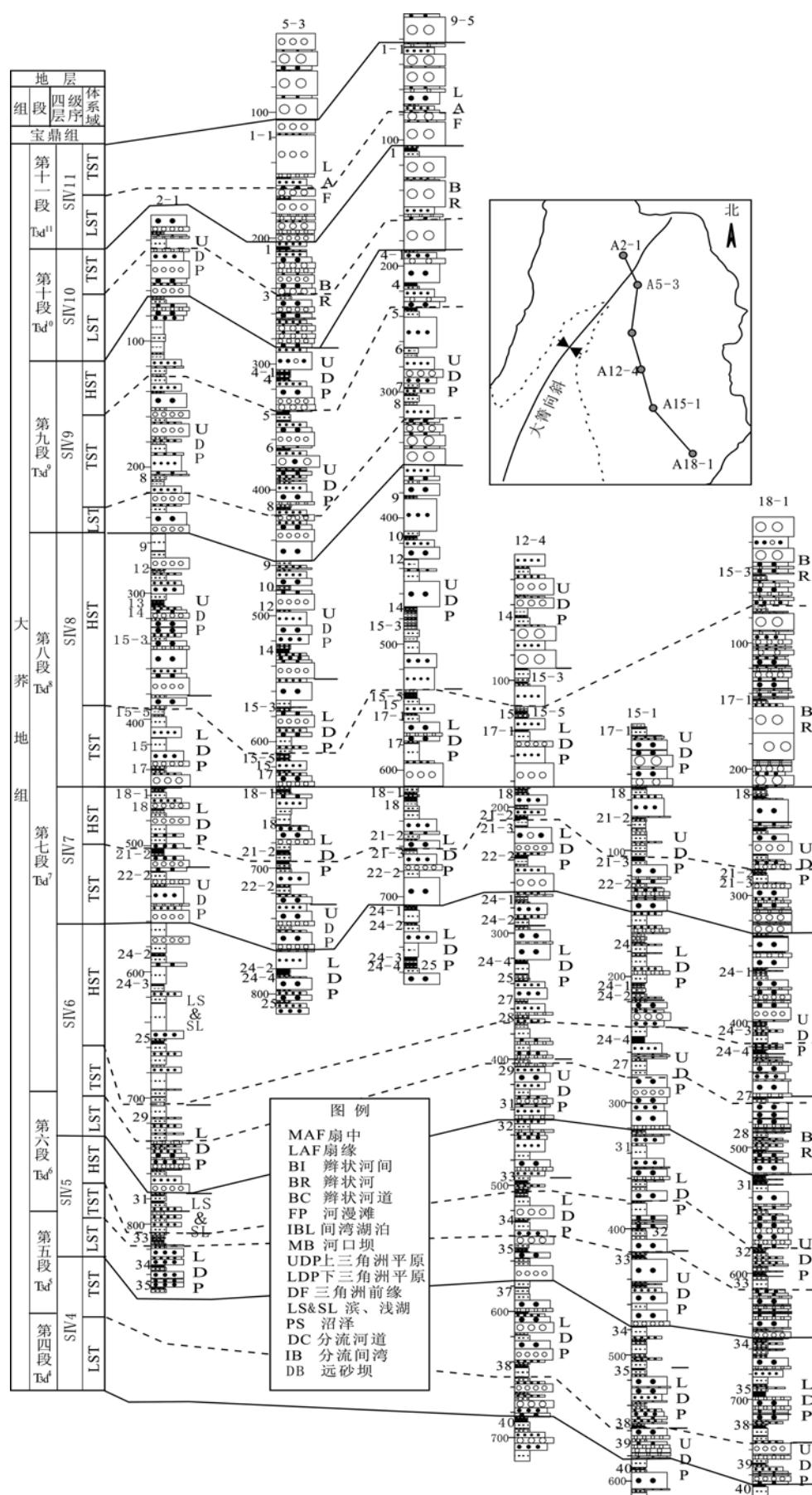


图 4 宝鼎盆地晚三叠世大荞地组层序地层格架

Fig. 4 Sequence stratigraphic frame of Daqiaodi Formation in Late Triassic of Baoding Basin

2.1 三级层序 SIII1

SIII1 大致对应于大莽地组 1~3 段, 地层约 900 m 厚。层序底界面为晚二叠世玄武岩与晚三叠世煤系间的区域不整合面。该层序只发育湖侵体系域和高位体系域。湖侵体系域由下三角洲平原分流河道细砂岩和分流间湾粉砂岩、粉砂质泥岩等组成; 高位体系域, 早期为滨、浅湖相粉砂岩夹细砂岩沉积, 晚期为辫状河三角洲平原分流河道中-细砂岩、分流间湾粉砂岩和沼泽煤层沉积。

三级层序 SIII1 进一步划分为 3 个四级层序 (SIV1~SIV3), 对应于断陷盆地演化的初始断陷和快速断陷期。总体上, SIII1 含煤性差。其中, SIV1 最大湖泛面附近及高位体系域末期, 分别可见不可采的 46~2 号煤层和全区局部可采的 45 号煤层; SIV2 低位体系域和湖侵体系域, 未见煤层, 仅在高位体系域中后期有不可采的薄煤层 (43 号) 和局部可采的 44 号煤层; SIV3 低位体系域早期, 可见不可采的 41 号和 42 号煤层, 湖侵体系域未见局部可采的 40 号煤层发育。

2.2 三级层序 SIII2

SIII2 大致对应于大莽地组 4~8 段, 地层约 870 m 厚。层序底界面为三角洲平原分流河道底部冲刷面。该层序低位和湖侵体系域 (SIV4 和 SIV5) 沉积环境较稳定 (图 3、图 4), 主要为一套三角洲平原砂砾岩和沼泽沉积。高位体系域早期 (SIV6) 沉积环境分异较大, 由南向北, 沉积环境由上、下三角洲平原过渡到湖泊沉积; 中期 (SIV7) 沉积环境较稳定, 主要为三角洲平原砂砾岩和沼泽沉积; 高位体系域晚期 (SIV8) 沉积环境分异较大, 由南向北, 沉积环境由辫状河向上、下三角洲平原过渡。自下而上, 高位体系域沉积环境总体呈湖泊—三角洲—辫状河的演化趋势。

三级层序 SIII2 处于断陷盆地发育的稳定断陷阶段, 其含煤性较好。其中 SIV4 含煤系数 4.0%, 低位体系域早期、初始湖泛面附近和湖侵体系域末期, 分别发育全区主要可采的 39 号、38 号煤层和局部可采的 37 号煤层。SIV5 含煤系数 3.7%, 低位体系域发育全区主要可采的 35 号和 34 号煤层, 初始湖泛面附近和高位体系域晚期, 发育全区次要可采的 33 号、31 号煤层。SIV6 含煤系数 3.7%, 低位体系域早期发育局部可采的 30 号煤层, 初始湖泛面附近和湖侵体系域末期, 发育局部可采的 29 号和 28 号煤层; 高位体系域中-早期, 发育 27 号、26 号和 25 号局部可采或次要可采煤层, 晚期发育全区主要可采的 24 号和 24~2 号煤层及局部或次要可采

的 24~3 号、24~4 号煤层。SIV7 含煤系数 5.1%, 初始湖泛面附近, 发育 22~2 号次要可采煤层; 最大湖泛面附近, 发育全区主要可采的 21~3 号、21~2 号煤层; 高位体系域中晚期, 发育全区主要可采的 18 号煤层及局部可采的 18~1 号煤层。SIV8 含煤系数 4.1%, 在最大湖泛面附近, 发育了全区主要可采的 15 号、15~5 号、15~3 号和 17 号煤层; 高位体系域中后期, 发育了全区主要可采的 14 号、12 号煤层; 高位体系域末期, 形成了局部可采的 10 号、9 号煤层。

2.3 三级层序 SIII3

SIII3 对应于大莽地组四级层序 SIV9~SIV11, 地层约 550 m 厚。层序底界面为三角洲平原分流河道底部冲刷面。该层序沉积环境变化较快, 自下而上, 由低位和湖侵体系域的三角洲平原环境向上过渡为高位体系域的辫状河、冲积扇环境, 平面上也由南部的辫状河、冲积扇沉积向北部的三角洲平原沉积过渡 (图 4)。

三级层序 SIII3 大致对应于断陷盆地发育的萎缩阶段, 其含煤性总体变差。其中, SIV9 含煤系数 3.4%, 低位体系域无可采煤层形成, 湖侵体系域发育了局部可采的 8 号、6 号和 5 号煤层, 仅在高位体系域有全区主要可采的 4 号煤层。SIV10 含煤系数 2.4%, 低位体系域早期发育局部可采的 3~3 号煤层, 初始湖泛面附近发育不可采的 3 号煤层, 湖侵体系域末期发育全区局部可采的 1 号煤层。SIV11 含煤性更差, 含煤系数仅 1.1%, 其低位体系域无煤层形成, 仅在湖侵体系域后期可见不可采的 1~1 号煤层。

3 断陷盆地层序格架内的聚煤规律

可容空间变化是基准面变化速率和沉积物供给速率两者相互作用的具体表现。前人建立的大量成煤模式表明^[5~7], 控制聚煤作用的最根本因素是“泥炭的堆积和保存需要足够高的水位以覆盖正在腐烂的植物并阻止其被氧化, 同时水位又要足够的低以确保活着的植物不被淹死”^[8]。在内陆断陷盆地, 基准面上升速率(可容空间增加速率)主要受控于与构造有关的盆地基底沉降速率。晚三叠世大莽地组沉积期, 宝鼎盆地为一典型内陆断陷盆地, 随着盆地基底沉降速率先增加再减缓, 盆地等时地层格架内煤层的发育也呈有规律的变化。

从层序格架内的聚煤强度看(图 5), 在断陷盆地初始和快速断陷期 (SIII1), 盆地基底沉降速率(基准面上升及可容空间增加速率)过快, 大莽地组 SIV1~SIV3 聚煤作用很差, 没有全区主要可采煤层发育;

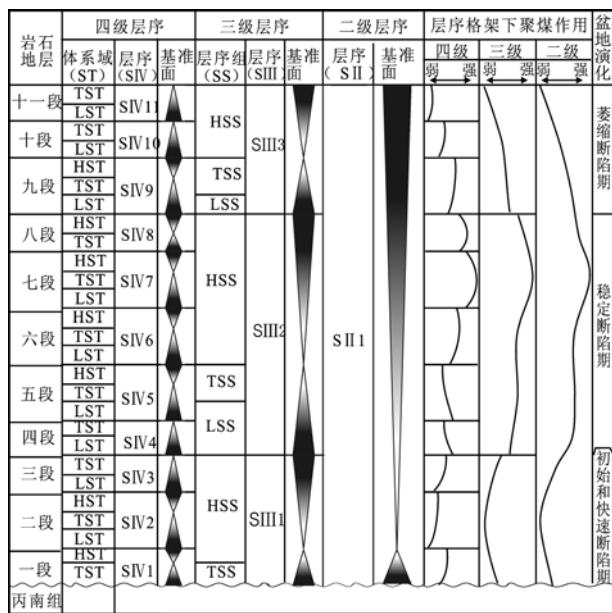


图 5 宝鼎盆地大养地组层序地层格架与聚煤作用

Fig. 5 The sequence stratigraphic frame and coal accumulation of Daqiaodi Formation in Baoding Basin

垂向上, SIII1 聚煤强度曲线向上呈先减小再增大的趋势, 以三级层序高位体系域末的聚煤作用最好。断陷盆地稳定断陷期(SIII2), 随着盆地基底沉降速率变慢, 聚煤作用较好, 发育大量全区可采煤层; 垂向上, SIII2 聚煤强度曲线向上呈先增大再减小的趋势, 以三级层序高位体系域中期(SIV7)的聚煤作用最好。断陷盆地萎缩断陷期(SIII3), 由于基底沉降过慢, 有利于聚煤作用发生的可容空间增加速率变慢, 聚煤作用相应地变弱直至终止。因此, 大养地组二级层序格架下聚煤强度曲线总体上呈先增强再减弱的趋势, 且以高位体系域中期(盆地稳定断陷期 SIII2)的聚煤作用最好。

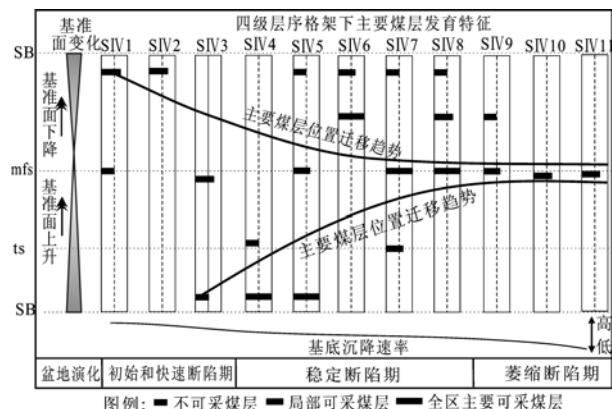


图 6 宝鼎盆地层序格架下主要煤层分布特征

Fig. 6 The distribution of main coal seams in the sequence stratigraphic framework of the Baoding faulting basin

从主要煤层在四级基准面旋回中发育和分布位置看(图 6), 断陷盆地发育中期, 主要煤层分布于低位体系域、初始湖泛面附近和高位体系域的中后期, 随着盆地基底沉降速率变慢, 可容空间增加速率减小, 主要煤层逐渐向基准面上升速率及可容空间增加速率最大的最大湖泛面附近迁移。

4 结 论

a. 四川宝鼎断陷盆地晚三叠世煤系地层共识别出 12 个层序界面, 将大养地组划分出 1 个二级层序、3 个三级层序和 11 个四级层序。

b. 垂向上, 大养地组二级层序格架下聚煤强度曲线总体呈先增强再减弱的趋势, 且以高位体系域中期(盆地稳定断陷期 SIII2)的聚煤作用最好。在宝鼎盆地演化的早中期(SIV1~SIV5), 主要煤层多发育于四级层序低位体系域、湖侵体系域早期以及高位体系域中晚期; 至该盆地演化的中晚期, 随着盆地基底沉降速率减缓, 主要煤层逐渐向最大湖泛面附近迁移。

参 考 文 献

- [1] SHAO Longyi, ZHANG Pengfei, GAYER R A, et al. Coal in a carbonate sequence stratigraphic framework: the Late Permian Heshan Formation in central Guangxi, southern China[J]. Journal of Geological Society London, 2003, 160: 285–298.
- [2] FLINT S S, AITKEN J F, HAMPSON G. Application of sequence stratigraphy to coal-bearing coastal plain successions: implications for UK coal measures[C]// M K G, WHATELEY, SPEARS D A. European Coal Geology. Geological Society London, Special Publication, 1995, 82: 1–16.
- [3] 马玉孝. 攀枝花地质[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2001.
- [4] 徐仁, 朱家树, 陈晔. 中国晚三叠世植物群[M]. 北京: 地质出版社, 1979.
- [5] 邵龙义, 陈家良, 李瑞军, 等. 广西合山晚二叠世碳酸盐岩型煤系层序地层分析[J]. 沉积学报, 2003, 21(1): 168–174.
- [6] 刘天绩. 柴达木盆地北缘侏罗系聚煤规律与煤炭资源评价[R]. 北京: 中国矿业大学, 2006.
- [7] 邵龙义, 肖正辉, 何志平, 等. 晋东南沁水盆地石炭二叠纪含煤岩系古地理及聚煤作用研究[J]. 古地理学报, 2006, 8(1): 43–52.
- [8] DIESSEL C, BOYD R, WADSWORTH J, et al. On balanced and unbalanced accommodation/peat accumulation ratios in the Cretaceous coals from Gates Formation, Western Canada, and their sequence-stratigraphic significance [J]. International Journal of Coal Geology, 2000, 43: 143–186.