

广西百色盆地百岗组的聚煤 模式及其预测意义

林畅松

(武汉地质学院北京研究生部)

内容提要: 本文研究广西百色盆地百岗组的聚煤古地理和古构造条件, 提出该组的聚煤盆地模式, 并讨论了地震相分析的初步应用。研究表明, 可分出北缘盆缘断裂一侧的扇—扇三角洲、南缘滨浅湖—小型滨湖三角洲以及中部的浅—深湖等三个沉积相带。不对称的相配置受控于半地堑的构造格架。富煤带与盆内次级拗陷部位相吻合, 并沿盆缘两侧的相带展布。地震相分析有助于固定相带的分布, 进而具有预测富煤带的意义。扇三角洲具向上变粗的三层结构, 顶积层以含扇沉积为特征。其间湾为富煤中心的分布部位, 而其砂体则是盆内重要的储集层。

主题词: 沉积相带 地震相 扇三角洲构造格架 富煤带 储集层 广西白色

第一作者简介: 林畅松 男 28岁 硕士(博士研究生) 煤田地质

聚煤盆地中沉积环境的配置和古构造条件直接影响着含煤性和煤质的变化。在百色盆地的研究工作表明结合沉积和构造因素, 阐明沉积相带与富煤带的关系而建立的聚煤模式将有可能在预测和勘探中取得具体的收益; 而地震相分析的方法则是使模式更有效地应用在富煤带预测实践中的可行途径之一。

一、盆地概况

百色盆地位于广西自治区西部, 面积约800平方公里, 含有石油、煤和膨润土等多种沉积矿产, 是区内数十个第三纪断陷盆地的重要代表。盆内充填了3000多米的早第三纪内陆碎屑岩, 自下而上可划分为红色岩组、那读组、百岗组、伏平组、建都岭等五个组, 大体经历了(1)冲积扇—河流沉积(红色岩组); (2)滨浅湖含煤沉积(那读组一段和二段); (3)深湖沉积(那读组三段泥岩); (4)滨浅湖含煤沉积(百岗组和伏平组下段); (5)冲积扇—河流沉积(主要为建都岭组)的充填过程。深湖发育时期形成的那读三段泥岩为盆内的主要生油岩, 其上覆的百岗组和下伏的那读二段为盆内两个主要的含煤、含油段。百岗组厚200—400多米, 是本文研究的重点层段。

该盆地为一长条形的(宽7—16公里, 长90多公里)半地堑, 走向NW300°, 位于右江断裂的西南侧。盆地北缘的同沉积断裂是追踪先存的右江主干断裂和伴生的张性 π 字型断裂系发育的。在地震时间剖面上可清晰地看出其断面倾向盆内(图版I, 7)并形成断阶构造。另一组规模较大的基底断裂, 走向近北东, 雁行状排列。盆地的基底由三叠纪褶皱岩系构成, 总体向北东方向倾斜。沿盆地长轴方向可划分出“三拗两隆”的

次级构造单元, 其中的田阳和田东坳陷是本文主要的工作区(图4,)。通过对比地层层序发现坳陷明显地影响着地层厚度的变化。盆地的地层格架在纵向剖面上呈上超的样式, 且沉积中心有由西向东迁移的趋势。盆地的构造和地层格架样式以及盆外构造形迹的分析表明, 盆地的形成和发展受到盆缘断裂的左旋张扭作用的控制。

二、沉积环境和相的辨认标志

百岗组是一套淡水的湖盆碎屑岩沉积, 含有大量螺蚌、轮藻以及介形虫等淡水的动植物化石。发育的沉积相类型包括冲积扇-扇三角洲、小型湖滨三角洲、滨浅湖和深湖以及沼泽沉积等。

(一) 冲积扇-扇三角洲沉积

1. 冲积扇沉积 沿盆地北缘发育的冲积扇形成了宽约0.5—1.5公里的扇砂砾岩带, 主要来自盆缘断裂外侧的三叠系的泥岩、砂岩和少量火山岩、灰岩岩屑组成。可识别出泥石流和水携沉积两种相类型:

1) 泥石流沉积 主要由块状的, 分选极差的岩屑副砾岩和含砾泥岩组成。漂砾直径可达60厘米, 有些长轴直立, 显示一种在砂泥为基质的背景上漂浮着粗大角砾的支撑类型(图版 I, 2)。其接触边缘明显, 但缺少强烈的冲刷现象。这些特征表明是一种块体流的堆积物^[1]。

2) 水携沉积 在扇顶和扇中地带主要为分选较好的细砾岩和含砾砂岩, 成层性好, 常与泥石流副砾岩共生。河道充填的砂砾岩透镜体具有明显的冲刷充填构造。砾石叠瓦状, 并呈水平层状排列。洪泛片流沉积由席状或板状的砂岩和泥岩交互组成。砂岩层一般厚0.5—0.2米, 底界呈席状冲刷或突变, 块状或发育不明显的交错层理; 砂质泥岩层较薄(0.2米左右), 发育水平层理或波状层理。在扇尾地带, 辫状河沉积物粒度明显变细, 层理发育, 与沼泽和滨浅湖沉积薄层共生, 成为扇三角洲的水上组成部分。

2. 扇三角洲沉积 “扇三角洲”是指“前积到湖泊或海洋中的冲积扇”^[2]。近年来这一概念已得到了广泛的讨论和应用^[3]。百岗组沉积时期, 以扇上辫状河沉积为主的扇沉积在湖岸带形成了一系列扇三角洲朵体。根据大量垂向层序分析和平剖面图的研究表明, 它们具有一定的砂体形态和向上变粗的三角洲层序, 并可发育多个旋回。

1) 垂向层序和沉积特征 完整的扇三角洲层序在垂向上可划分出顶积, 前积和底积层, 每一旋回厚约30—90米(图3(1))。

层序下部发育各种小型交错层理、波状或薄互层理、滑动小褶皱或重力生长断裂、菱铁矿条带和植物化石碎屑等。可见薄的递变砂层和滑塌夹层。这些沉积和深湖泥岩交互出现, 代表了浪基面附近的堆积物。

前积层中可识别出河口坝和 underwater 河道两种主要砂体类型。河口坝砂体以粒度总体向上变粗、砂层厚度和层理规模向上增大为特征。其测井曲线形态为倒“圣诞树”型。砂体上部的中粗粒或含砾砂岩含有较多的内碎屑泥砾, 发育大型前积层理(图版 I, 4)和板状交错层理等。其下部的远端砂坝以砂泥互层为特征(图版 I, 4)。砂层中发育平行层理, 小型交错层理等; 粉砂或泥岩薄层中则多见水平或波状层理和虫迹等(图版

I, 5)。这些粗细的互层可能记载了河流底负载量供给的季节性变化^[4]。它们得以完整保存反映了湖浪作用较小, 沉积速度较快的堆积条件。这些河口坝砂岩的粒度概率曲线上跳跃和悬浮总体之间也存在着特征的“过渡带”(图1)。水下河道砂体的粒度相对较粗, 发育大型板状交错层理。分选差, 含大量内碎屑泥砾。偶尔可见豆粒或螺蚌碎屑。其顶面发育的浪成波痕常被菱铁矿层覆盖。底界常切割河口坝造成内冲刷现象。侧向上过渡为较深水的湖相泥岩而区别于水上的分流河道砂体。

顶积层实际上是冲积扇向湖泊延伸的水上部份。河道砂体具有明显的冲刷底界, 侧向上与植物根系发育的河道间细粒沉积和煤层或炭质泥岩共生。其概率曲线上各个次总体分异不明显, 反映了洪水期流量大、水流急的沉积特点。有时可见细砾岩的河道充填或角砾岩夹层, 这与紧邻扇顶区有关。

2)砂体形态和旋回性 扇三角洲的发育具有明显的旋回性。在废弃时期整个朵体后退, 湖水漫侵, 并以生物贝壳碎屑沉积、滨浅湖细粒沉积或厚层煤层出现为标志。湖面的升降和沉积物供给量的变化可能是控制旋回发育的直接因素。其砂体的平面形态多为扇形(图4(c))。单个面积约16平方公里。在横剖面上为多层砂组成的复合透镜体; 在倾向上与扇砂砾岩组成楔形体, 向湖泊方向与煤层和湖相沉积指状交错(图2)。

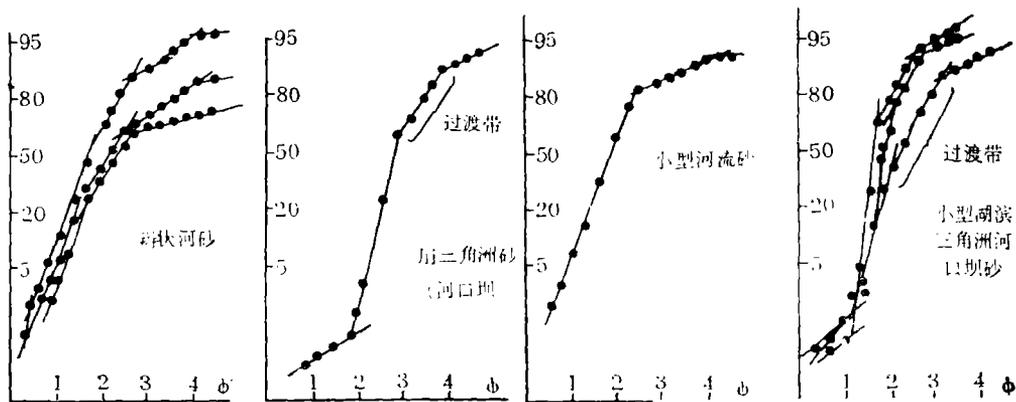


图1 不同沉积相的砂体粒度概率曲线

Fig.1 Probability curves of grain size of sandbodies in different depositional facies.

3)扇-扇三角洲体系的层序分布 在百岗组沉积期, 扇三角洲与上游的扇沉积组成了一个“扇-扇三角洲体系”。这种情形与我国东部某些断陷含煤盆地相似^[5], 可以和Vos(1981, Galloway修改)提出的模式类比^[3]。在这一体系中, 从扇顶到扇三角洲沉积层序作有规律的总体变化(图3(1))。扇顶为泥石流和水携沉积交互; 扇中出现向上变粗的扇层序, 厚10—20米, 扇尾为砂质的辫状河沉积, 发育薄的煤层或煤线。扇三角洲具有向上变粗的三层结构。

(二) 小型湖滨三角洲沉积

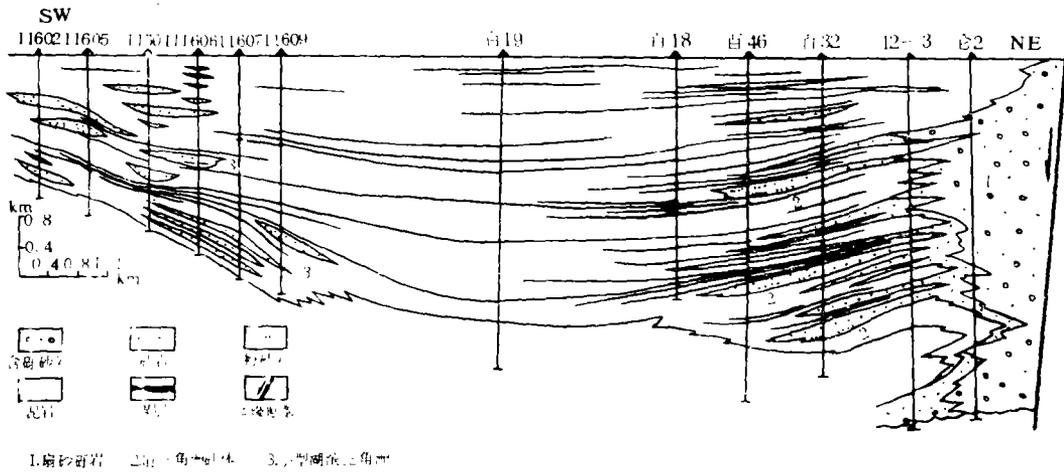
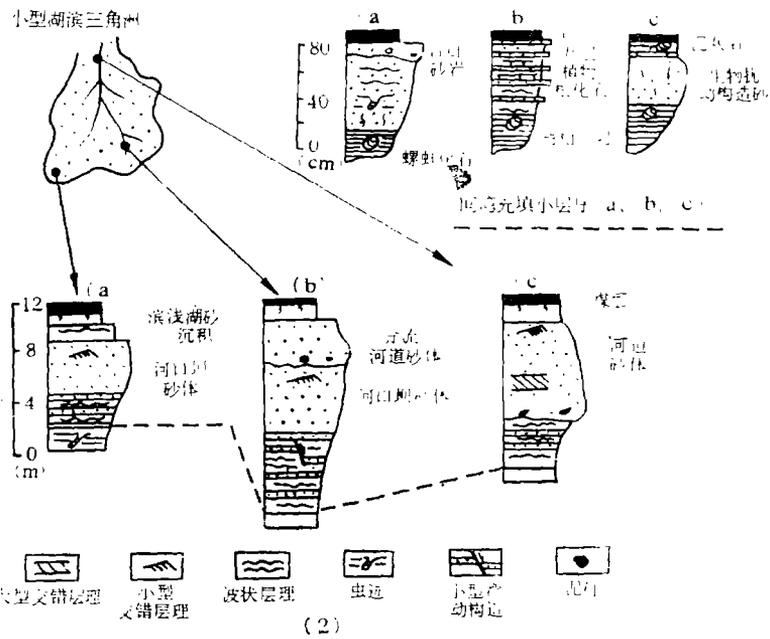


图2 田东坳陷116线沉积断面

Fig.2 Sedimentary profile of Line 116, Tiandong Depression.



(2)

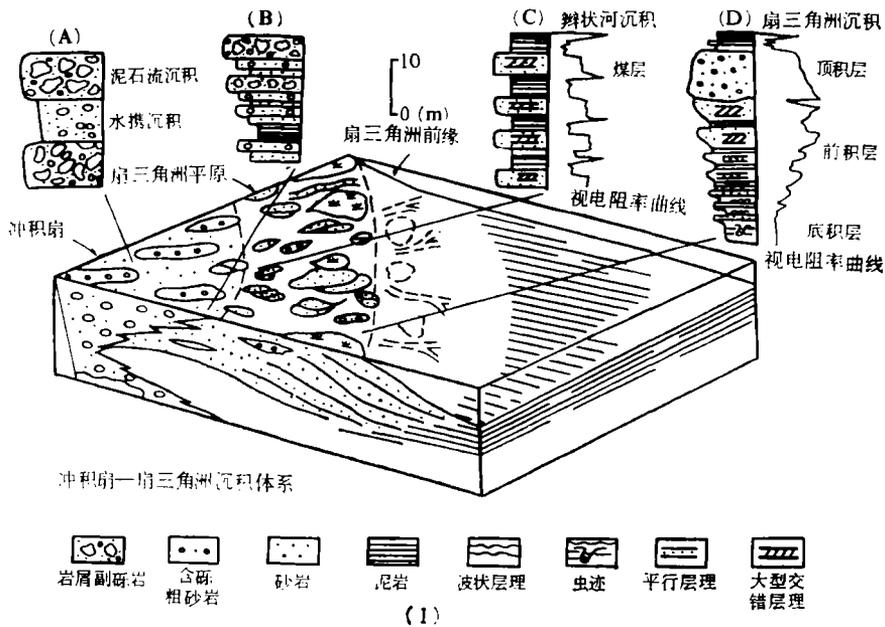


图3 扇-扇三角洲和小型湖滨三角洲的层序组合

Fig.3 Associations of sedimentary sequences of the fan-delta and the small-scale shore delta.

盆地南缘的小型湖滨三角洲与北缘的扇三角洲相比，具有粒度细、砂岩层数少、厚度小、旋回性不明显等特点。其砂体形态为裙边状或伸长朵状（图4(c)），在剖面上为透镜状（图2）。据钻井岩心（1400多米）的观察可把其垂向层序特点和组合综合于图3(2)中。完整的层序也具有三层结构。河口坝砂体具有向上变粗的反粒序，厚3—4米，主要由细粒砂岩组成。发育大型交错层理或块状，下部常见厚互和薄互层理（图版1，3）。远端坝和底积层相对较薄。分流河道砂较粗，具正粒序，有明显冲刷底界（图版1，6）。其粒度概率曲线由两个次总体组成，缺少牵引总体，相似于曲流河或分支河道的曲线¹⁾，与北缘急流的扇三角洲上的辫状河不同。在三角洲的远端，较薄的河口坝砂之上常发育薄的滨浅湖沉积以后才发生沼泽化（图3(2)）。同时，还识别出几种间湾或湖池被充填形成的小层序：(a)决口扇充填，(b)席状泛滥充填和(c)碎屑物供给缺少的湾充填层序（图3(2)）。

(三) 湖泊沉积

湖滨三角洲已在前面论述，这里主要是讨论在三角洲间地带或废弃期发育的滨浅湖和盆地中部的深湖沉积。

1. 滨浅湖沉积 主要为灰褐、灰色的粉砂岩、泥岩，薄层钙质砂岩和生物碎屑泥灰岩等组成。透镜状、波状、薄互或厚互层理、浪成交错层理和波痕发育；生物扰动构造、遗迹化石、螺蚌和轮藻及植物叶化石丰富，这些是滨浅湖沉积的主要识别标志。滨

1) 郑浚茂，1982，陆源碎屑沉积环境的粒度标志，武汉地院北京研究生部。

湖沉积中有时可见泥裂,“U”型虫迹等(图版I,1)。由各种粒级的螺蚌碎屑组成的生物碎屑岩透镜体与现代滨岸带的贝壳堤堆积相似,代表了一种“岸线相”的沉积。常见的浅湖沉积有如下几种类型:(1)层理发育的薄层状粉砂质泥岩和粉砂岩,多见波痕;(2)具生物扰动构造或觅食迹的砂质泥岩;(3)含螺蚌化石的泥岩和粉砂岩,含菱铁矿结核;(4)薄层泥灰岩或钙质粉砂岩,多见于三角洲间湾或较深水湖地带。

2.深湖沉积 主要为深灰色的泥岩、钙质泥岩和泥灰岩。可见薄的递变砂层。泥岩多为块状,含有机质高(2—4%)。介形虫化石丰富而缺少宏体的螺蚌化石,偶尔见鱼化石、小盘螺以及小的黄铁矿晶体等。

(四)沼泽沉积

百岗组的沼泽沉积可划为泥炭沼泽和覆水沼泽。覆水沼泽沉积为炭质泥岩或含炭的砂质泥岩。见大量植物化石碎屑和根化石。发育由粉砂质条带或炭屑显示的水平或波状层理等。球粒状和团块状的菱铁矿结核丰富,有时交代植物树杆。含螺蚌化石和碎屑。常作为煤层的顶底板出现。有时厚达几米而缺少煤层。

泥炭沼泽中也存在许多表明覆水较深的标志。如煤层中的螺蚌化石和生物贝壳堤堆积,煤岩组分中的无结构或碎屑镜质体含量很高(95%)等都反映了覆水较深的沉积条件。这些特征显然与滨岸沼泽化的古地理背景有关。

三、沉积相的配置和古构造的控制

根据主要的岩相组合可把百岗组的沉积相划分为三个沉积相带:(1)盆地北缘的冲积扇-扇三角洲沉积相带;(2)盆地中部的深-浅湖相带和(3)盆地南部的滨浅湖-小型湖滨三角洲沉积相带。这种不对称的配置样式与不对称的构造格架有关。盆缘断裂的活动为冲积扇的发育提供了条件。而南缘则由于坡度小,只发育小型河流和湖滨三角洲。从地震时间剖面上还可看出,北缘断阶内侧的基底断裂控制着盆地的最大沉降带和扇三角洲的沉积中心(图版I,7)。

四、地震相分析

地震地层方法已成为含油气盆地勘探中不可缺少的组成部分。但在含煤盆地分析,尤其是相分析中还缺少应用。众所周知,盆地分析中沉积相的配置分析是一个中心问题^[6]。着眼于盆地整体依据反射结构、振幅和连续性等参数分析地震相单元与沉积相带的关系,可能为含煤盆地沉积相配置的分析提供了有利方法。

研究表明百岗组的地震相可划为三个单元: I单元为中强振幅、低频、不连续一中等连续反射相。具杂乱的,乱岗斜坡状的以及发散前积结构(图版1,7)。外形为楔状或斜坡充填状。从盆缘断裂向盆内的发散前积结构表明了一个古水流系统。这一结构是扇-扇三角洲沉积体的特征标志¹⁾。这些特征表明是属于一种高能的沉积环境,与北

• 徐怀大, 1983, 地震地层学, 武汉地院北京研究生部。



图 4 百岗组煤层等值线图(B)，四一五煤层等值线图(A)和底砂体古环境图(C)

Fig. 4 Coal isopach maps of the Baigang Formation (B) and the coal set 4-5 (A), and paleoenvironment map (C) of the sandstone body in the bottom of the coal set 4-5

缘的扇-扇三角洲沉积相带展布一致。Ⅱ单元为高频密集中等振幅高连续席状反射相。具有平行的反射结构。反映一种低能的沉积环境,与盆地中部的浅湖-深湖沉积相带展布一致。Ⅲ单元为中低振幅、中等频率低连续反射相。具平行-亚平行结构,见削截的接触关系。这一单元与盆地南部的滨浅湖-小型湖滨三角洲相带分布一致。不难看出,地震相单元的展布反映了沉积相带的分布。因此,已知含煤性与沉积相带的关系,就可通过分析地震相单元预测含煤性的变化。

五、聚煤作用

百岗组的聚煤作用受到古地理和古构造条件的双重控制。由图4(A)可见,次级坳陷内富煤带与滨岸的三角洲沉积地带分布一致;其富煤中心又被三角洲朵体分隔在间湾或边部平原内。这里的煤灰分低,结构简单。很明显,扇三角洲或南缘的湖滨三角洲的发育为沼泽化建造了浅水的平台。这里潜水面较高,有利于泥炭沼泽的发育和堆积。在三角洲间湾或边部平原上,由于扇和河流的破坏作用小,地形低洼,沼泽化开始早并能稳定发育,形成了富煤中心和低灰分煤。在盆地中部深-浅湖沉积相带内由于水深不利于沼泽的稳定发育,只形成薄煤和炭质泥岩,造成煤层向盆地中部分叉变薄和尖灭(图2)。

盆内的次级隆起和坳陷对聚煤作用起着一定的控制作用。百岗组沉积时,沉积中心已由盆地的西部迁至东部,聚煤作用也发生了相应的迁移。西部隆起区的煤层层数少,厚度小;而东部的次级坳陷部位与富煤带的分布相吻合(图4A, B)。同时北缘的富煤带比南缘的厚2—3倍(图4B),这明显是盆缘断裂造成盆地两侧沉降差异的结果。在盆地南缘,从百育向东煤层分叉,煤组增多,可能是受到了北东向一组基底断裂的影响。同时,在隆起区由于深-浅湖沉积相带窄,煤层在盆地中部发育较好。

六、聚煤模式和预测意义

综上所述,可得出这一时期的聚煤模式如图5所示。它反映了沉积相带和古构造条件对聚煤作用的控制。其聚煤盆地类型与李思田教授等提出的“浅湖-深湖型聚煤盆地”相似^[5]这一模式在同一盆地的不同部分或不同盆地类似的层段勘探中可作类比。同时也可通过圈定富煤中心来确定三角洲砂体(二者相间分布)的可靠部位。北缘的扇三角洲砂体,层数多,与生油岩频繁交互,是重要的潜在油藏^[7]。通过地震相分析,结合有限的钻井或露头资料研究沉积相带的展布和配置,将会有可能使地质模式有效地应用于勘探实践中(图5, B)。同时应强调,在地震时间剖面上追索盆地基底的起伏和地层层序厚度的变化,识别各种不同沉积构造,应是分析含煤盆地,尤其是中生代含煤古构造条件和构造格架等参数的有利手段之一。

据已有的地质资料和地震相分析表明,盆地北缘深部那读组下部存在与百岗组北缘相带相似的地震相单元,预测可能存在于那读组的含煤段。同时指出,北缘的扇-扇三角洲相带应是最有利的油气勘探对象。

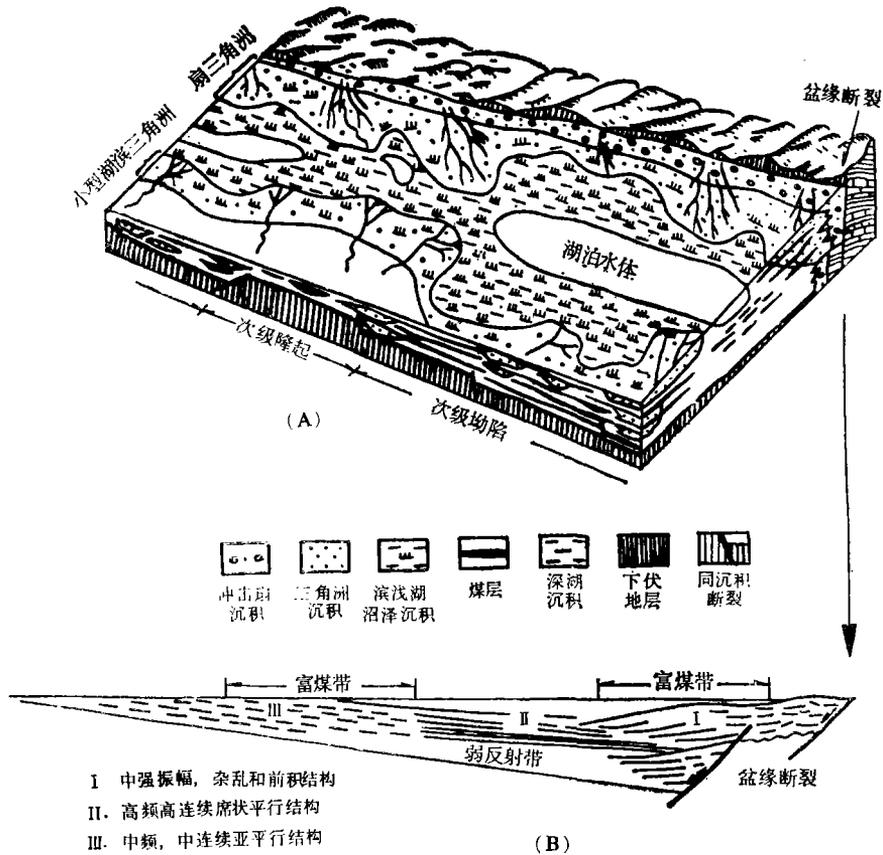


图5 百岗组聚煤模式 (A) 和富煤带预测示意
 Fig.5 Coal accumulation model of the Baigang Formation (A) and the prediction of coal-rich zones by analyzing seismic facies (B).

本文是在武汉地院北京研究生部煤田教研室杨起和李思田教授的指导下完成的。在野外工作中得到地矿部岳希新同志的指教。吴崇筠和何镜宇教授对报告作过评阅和指教。同时还得到傅哲明老师、李宝芳和黄家福副教授以及李楨、潘治贵等老师和同志的热情帮助。广西石油勘探指挥部、广西第二地质队等单位 and 同志提供了收集资料的方便。地震相分析还曾得到徐怀大副教授的指导。在此一并表示感谢。

参 考 文 献

[1] T. H. Nilsen 1982, Alluvial Fan Deposits, In P. A. Scholle, D. Spearing (edit.), Sandstone Depositional Environment, A. A. P. G. Tulsa Oklahoma, p.49—114.
 [2] W. A. Wescott, F. G. Ethridge 1980, Fan-delta Sedimentology and tectonic

- setting-Yallahs Fan-Delta, Southeast Jamaica, A. A. P. G. Bulletin V.63, No. 3, p.374~399.
- 〔3〕 W. E. Galloway, D. K. Hobday 1983, Terrigenous Clastic Depositional Systems, New York Berlin Heidelberg Tokyo.
- 〔4〕 M. A. 卡里吉, 1971, 阿萨巴斯卡焦油砂的三角洲沉积作用, 陈景山, 陈昌明译, 1981, 三角洲沉积与油气勘探, 石油工业出版社, 123—136页。
- 〔5〕 Li Sitian et al. 1984, Sedimentation and tectonic evolution of Mesozoic faulted coal basins in northeastern China, In R.A.Rahmam, R.M.Flores (edit.) Sedimentology of Coal-bearing Sequences, Blackwell Scientific Publications Oxford London Edinburgh Boston Palo Alto Melbourne, p.387~406.
- 〔6〕 李思田等, 1983, 论聚煤盆地分析的基本参数和流程, 煤田地质与勘探, 第6期, 1—11页。
- 〔7〕 吴崇筠, 1983, 构造湖盆三角洲与油气分布, 沉积学报, 1卷, 1期, 7—23页。

COAL ACCUMULATION MODEL OF THE BAIGANG FORMATION IN BAISE BASIN AND ITS PREDICTING SIGNIFICANCE

Lin Changsong

(The Graduate School of Beijing College of Geology)

Abstract

The Eocene Baigang formation is a major coal-bearing and oil-producing member in Baise Basin. Based on the study of the paleoenvironment and syndepositional structure of this formation, a coal accumulation model, reflecting that both paleostructure and paleoenvironment control over the formation of coal-rich zone has been established in this paper. It is suggested that by means of the analysis of seismic facies the model be efficiently used to predict the coal-rich zone in coal exploration.

Baise Basin is a semi-graben basin (about 16×90km) with a depositional fault on its northern margin, and a series of N-E faults developing in the basement as well as subordinate depressions and swells have been identified in the basin. They obviously influence the sedimentation of the formation.

The depositional facies of the Baigang formation can be divided into three zones: (1) Alluvial fan and fan delta deposits along the northern marginal fault, mainly consisting of coarse debris flow and water-lain deposits. The vertical sequences from the proximal fan delta are of a distinct association. The fan deltas have deltaic upward-coarsening sequences consisting of three beds (a topset, a foreset and a bottomset), and an obvious sedimentary polycyclity. The topset bed, which sometimes includes channel-fill deposits of coarse conglomerate, are actu-

ally the subaerial part of the fans progressing towards lake. Individual depositional lobes, wedge-shape in cross sections are from 30 to 90 m thick and have an area of about 16 square kilometers. (2) Shallow-deep lake deposits in the central part of the basin, including thin sandstone with some graded bedding, organic-rich shale and dark mud-stone with ostracods and fish fossils. (3) Lakeshore and small-scale deltaic deposits in the south of the basin, containing small-scale shore deltaic sandstone, and sandy mudstone with plenty of mollusks, bioturbate structures and small-scale cross beddings. The small-scale shore deltaic deposits are relatively thinner and finer than the fan deltaic deposits along the northern margin. This asymmetric configuration of the facies is controlled by the structure framework of the semi-graben.

There are three seismic facies units divided by different reflection characteristics. Unit 1 distributed over the area of the (1) facies zone is characteristic of a wedge-shape geometry, chaotic or divergence-foreset texture, high amplitude, middle continuity and low frequency.

These characteristics indicate the high energy sedimentation of fans and fan deltas in the northern margin. Unit 2 in the central part of the basin is characterized by sheet shape, parallel texture, high continuity, middle amplitude, and high frequency. These characteristics indicate the relatively stable and low-energy sedimentation of the deep-shallow lake. Unit 3 in the south of the basin is distinguished by subparallel texture, weak or middle amplitude, low continuity and middle frequency. The distribution of depositional facies zones therefore, may be identified by the analysis of seismic facies.

The coal accumulation of the Baigang formation is controlled by both the distribution of depositional facies zones and the paleostructure condition. The coal-rich zones are coincided with subordinate depressions and parallel to the facies zones (1) and (3) of the basin and the coal-rich centers are separated by the little fan deltas, which are the most potential oil reservoirs. The interdeltic bays or areas, lacking the coarse detritus carried by rivers, are interpreted as the most favourable places to peat accumulation. As a result of the different subsidence along both sides of the basin, the coal-rich zone on the northern side of the marginal fault is markedly thicker than that on the other side.

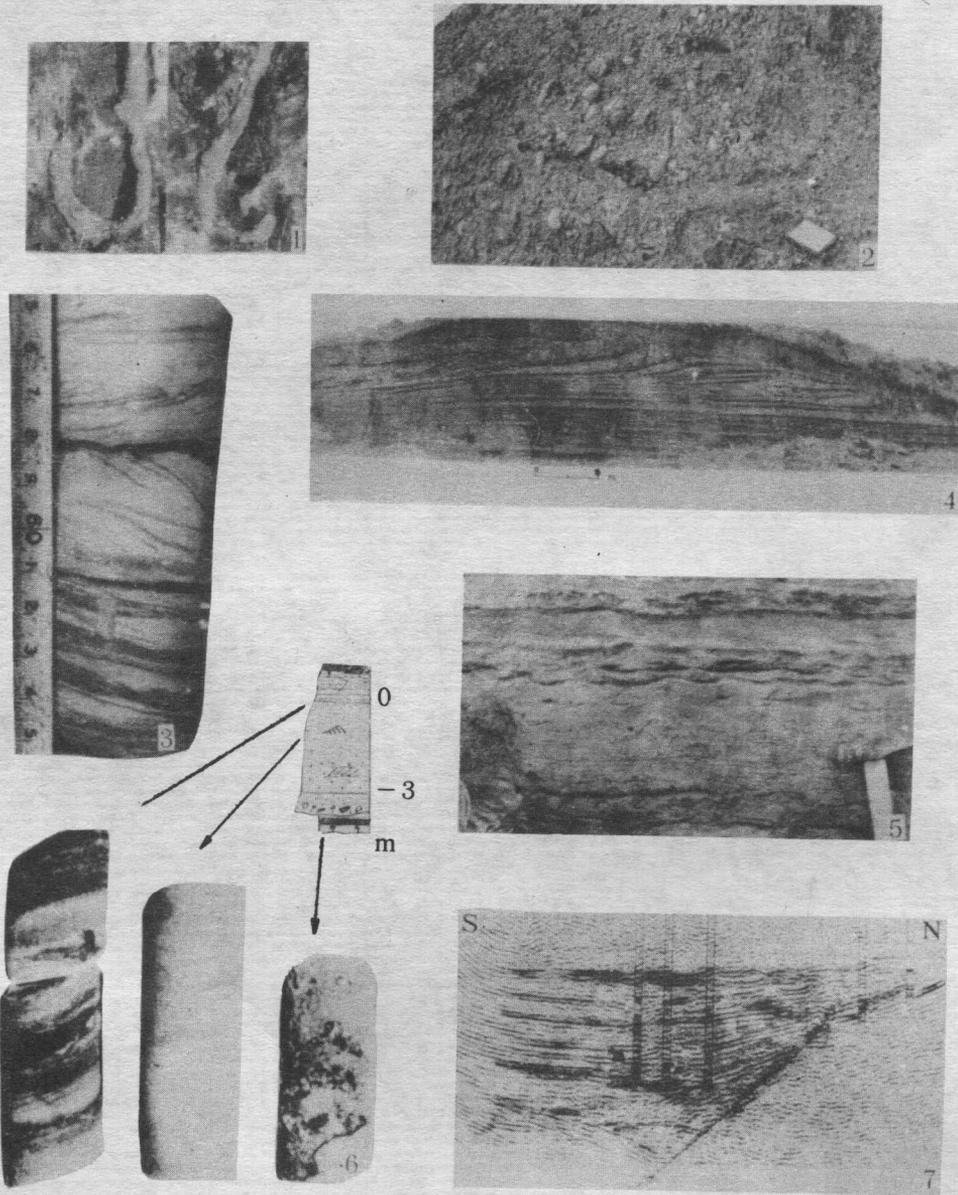
It may be seen that identifying the configuration of depositional facies and paleostructure condition is most important in the prediction of coal-rich zones, while the analysis of seismic facies units will be conducive to reconstructing the distribution of depositional facies zones in coal exploration.

Lin Changsong COAL ACCUMULATION MODEL, BAIGANG FORMATION, BAISE BASIN, PREDICTING, SIGNIFICANCE

林畅松等:

广西百色盆地百岗组的聚煤模式及其预测意义

图版 I



1. “U”型虫迹, 百岗组 2. 泥石流副砾岩, 注意长轴直立的砾石, 百岗~伏平组 3. 小型交错层理, 薄厚互层, 河口坝下部百岗组 4. 扇三角洲河口坝发育的大型前积层理, 下部为远端坝的砂泥互层, 剖面长约100m, 高约10m, 百岗组 5. 远端坝中的平行层理(下部)和波状层理(中下部)。6. 河道砂体的垂向层序, 注意冲刷底界和粒度向上变细的趋势, 百岗组 7. 扇三角洲沉积体的前积反射结构(箭头所指, 百岗组), D10⁵地震时间剖面, 田东坳陷(据广西的石油勘探指挥部)。