

文章编号: 1009-3850(2012)01-0001-11

川东北前陆盆地上三叠统沉积相及沉积演化

毛 琼¹, 郑荣才², 邹光富³, 杨 凯⁴, 王 芳⁴, 张志勇⁵

(1. 中国矿业大学(北京), 北京 100081; 2. 成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室, 四川 成都 610059; 3. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610081; 4. 华北油田勘探开发研究院, 河北 任丘 062552; 5. 华北油田第一采油厂, 河北 任丘 062552)

摘要:在对川东北前陆盆地上三叠统须家河组露头剖面野外实测和钻井等资料综合研究的基础上,对该区上三叠统须家河组层序及沉积相类型、沉积特征进行了详细的研究。结果表明:研究区内主要发育冲积扇、辫状河、曲流河、扇三角洲、辫状河三角洲、曲流河三角洲、湖泊、海相三角洲等八种主要的沉积相类型。古地理演化经历了由海相环境—海陆过渡相环境—陆相环境的转变。反映了川东北前陆盆地晚三叠世须家河期盆—山耦合过程及其沉积响应。须一段(即小塘子期)发育时期,受印支期构造运动的影响,本区大部分隆升成陆,仅在研究区西北部广元、剑阁等地发育海相三角洲相沉积。须二段发育时期,米仓山—大巴山构造山系的逆冲推覆构造作用较为强烈,川东北前陆盆地拗陷幅度加大,沉积物供给充分,沿米仓山—大巴山前缘地带主要发育辫状河三角洲沉积,而盆地西南部主要发育浅湖沉积。在须三段发育时期,米仓山—大巴山构造山系构造活动逐渐减弱,处于低幅稳定隆升状态,碎屑物供给量减少,沿米仓山—大巴山前缘地带主要发育辫状河三角洲沉积;从盆地前缘地带向中心地带则主要发育浅湖沉积。须四—须六段发育时期,米仓山—大巴山开始进入强烈逆冲推覆和构造隆升阶段,川东北前陆盆地拗陷幅度急剧加大,碎屑物供给量骤然增多,从盆地前缘地带向中心地带主要发育冲积扇—扇三角洲—辫状河三角洲、曲流河、曲流河三角洲相到浅湖相沉积。

关键词:川东北前陆盆地;上三叠统;须家河组;沉积相

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

川东北前陆盆地位于四川盆地北东部的米仓山—大巴山山脉的前缘地带,地理上属于四川盆地北部和东北部的中高山区,为四川前陆盆地的重要组成部分。范围包括:东起城口、开县一线,西至广元、剑阁、盐亭一线,北至广元、南江、万源,南抵达川、营山等地,面积约50 000 km²。该盆地以中三叠统海相碳酸盐岩为沉积基底,其上依次充填晚三叠世至始新世地层,总厚逾万米。近年来,川东北前陆盆地上三叠统地层已成为西南地区油气重点勘探层系之一。该区油气的分布受上三叠统地层沉积相带的控制。川东北前陆盆地上三叠统地层沉积

相及其分布规律的研究比较薄弱,严重制约了该区油气勘探开发工作。本文根据作者多年来在该区开展石油地质调查研究取得的地质资料,集合前人大量的地质、钻井、地震和分析化验资料基础上^[1-45],对该区上三叠统须家河组沉积相及岩相古地理进行了较为系统的研究。研究成果对该区上三叠统前陆盆地形成演化及油气勘探开发具有重要的意义。

1 地质概况

前人的研究成果表明,四川盆地是在印支运动

收稿日期: 2011-07-03; 改回日期: 2011-08-07

作者简介: 毛琼(1969-),女,博士后,高级工程师,主要从事油气田开发研究工作。E-mail: yjy_mq@petrochina.com.cn

资助项目: 中国石油天然气总公司攻关项目“前陆盆地油气成藏与富集规律研究”(编号 06201A202201)

早期开始大陆板块碰撞过程中,在来自北西侧龙门山造山带推覆体和北东侧米仓山-大巴山造山带推覆体侧向挤压和冲断的构造加载及巨厚沉积物重力负荷的双重作用构造背景下,导致位于俯冲陆块边缘的川西地区和川东北地区岩石圈发生强烈挠曲变形和大幅度沉降,形成具有前陆盆地性质的川西坳陷和川东北坳陷,并共具同一前陆隆起的性质,前者通常称为川西前陆盆地,后者称为米仓山-大巴山前陆盆地(即川东北前陆盆地)^[3-12,16-22]。米仓山-大巴山推覆体是直接控制川东北地区挠曲坳陷、大幅度沉降以及中新世巨厚陆相地层沉积充填的主要因素^[23]。

以印支运动晚幕构造不整合面为界,四川盆地于上古生界—中三叠统海相碳酸盐岩地层组成的沉积基底之上,充填有巨厚的晚三叠世—始新世的陆相地层,川西地区沉积厚度可达万米以上,以上三叠统须家河组—侏罗系发育最全、沉积充填序列保存最为完整。沉积地层主要有上三叠统卡尼阶—马家坝组组和诺利阶—瑞替阶小塘子组海相—海陆交互相地层、须家河组陆相煤系地层,下、中侏罗统下部暗色细碎屑岩和碳酸盐岩地层及中侏罗统上部—古近系的陆相地层。本地区是开展扬子地块西北缘上三叠统沉积特征、盆地充填、大地构造演化和油气地质研究的最佳地区之一。



图1 川东北前陆盆地位置图

Fig. 1 Location of the northeastern Sichuan foreland basin

研究区内广泛出露上三叠统须家河组,但一般都发育不完整,大部分地区缺失晚三叠世早期地层。区内须家河组共划分为六段(图2),其各段地层的特征分别为:

须家河组一段(T_3x^1):即小塘子组,主要出露于盆地西北部的龙门山中、北段,地层由西往东至川中、川东逐渐变薄或缺失。岩性主要为灰色、深灰

色砂质页岩,灰白色石英砂岩夹粉砂岩、砂质灰岩,含 *Burmesia lirata* *Myophoria seperata* 等瓣鳃类化石。

须家河组二段(T_3x^2):岩性主要为浅灰色、灰白色细-中粒岩屑长石砂岩、长石岩屑石英砂岩。上部夹砂砾岩,中部夹黑色页岩及煤线和煤层,产植物化石: *Neocalamites* sp., *Equisetum* sp., *Cycadocarpidium*

Anthrophyopsis、*Dictyophyllum*、*Clathropteris* 等植物化石; 以及双壳类: *Unionites* (*Weiyuanella*)、*Jiangxiella* 等。

须家河组六段(T_3x^6): 为灰-灰黄色厚层-块状岩屑长石石英砂岩、岩屑长石砂岩、与灰-深灰色中-薄层状细、粉砂岩与粉砂质泥岩中细粒砂岩组成韵律层; 局部夹有薄煤层和煤线。在含煤层的地区有 *Neocalamites*、*Podozamites*、*Cladophlebis* 等植物化石。

2 沉积相特征

通过野外对上三叠统须家河组的岩性、岩相类型、沉积构造和剖面结构、生物化石特征等的调查研究及室内综合分析, 在川东北前陆盆地须家河组中识别出冲积扇、辫状河、曲流河、扇三角洲、辫状河三角洲、曲流河三角洲、湖泊、三角洲八种主要的沉积相类型(图2)。

2.1 冲积扇相

主要分布于米仓山-大巴山带前缘及龙门山北段, 产出层位主要有须家河组四段、五段。岩性主要为粗碎屑含量较高、颗粒大小混杂和分选性差的砾岩。以万源石冠寺剖面为例, 须四段是一个发育较好的冲积扇沉积层序, 可划分出扇根、扇中和扇端3个亚相(图2)。

1. 扇根

扇根亚相主要由河道充填砾岩组成, 代表陆相盆地最边缘最粗的沉积部分。万源石冠寺剖面须四段为典型的扇根亚相, 其沉积主要由深灰色厚层块状砾岩组成。其中的砾石大小不等, 砾石总量可达85%以上。砾石大小长轴一般长2~5cm, 最大砾石长轴达20cm以上, 砾石成分主要为灰质砾岩和长石石英粉砂岩砾岩, 有少量石英质砾石。砾石磨圆度中等到较好, 分选性中等到较差, 成层性差, 砾石之间的充填物主要为砂级碎屑, 部分为黄色粘土。局部偶见零星粗大砾石分布。层理不发育, 属泥石流微相(图2)。

2. 扇中

分布于冲积扇中部, 由河道砾岩和砂砾岩、砂岩组成。在万源石冠寺剖面上, 扇中主要由辫状河道充填相的砾质粗粒砂岩、中-粗粒砂岩和河道间的粉砂岩、泥岩组成, 具有明显的冲刷面构造, 层理较发育(图2)。

3. 扇缘

扇缘主要由间歇河道的粉-细砂岩和片泛沉积的泥岩、粉砂质泥岩、炭质泥岩构成。以万源石冠

寺剖面上三叠统须家河组为例, 在完整的冲积扇沉积体系的剖面结构中, 自下而上可见到以泥石流沉积为主的扇根、辫状河道砂砾充填的扇中及粉砂岩和泥岩构成扇缘片泛沉积的正韵律旋回结构(图2、3)。

2.2 辫状河相

分布于近物源的盆缘内侧具一定坡度的平原部位, 广泛发育在须家河组地层中。按沉积相特征, 研究区内的辫状河沉积体系可划分出辫状河道和泛滥平原两个亚相, 辫状河道亚相又可进一步划分为心滩和废弃河道两微相, 而泛滥平原亚相则由洪水期悬移搬运和快速堆积的单一泥岩组成(图3)。

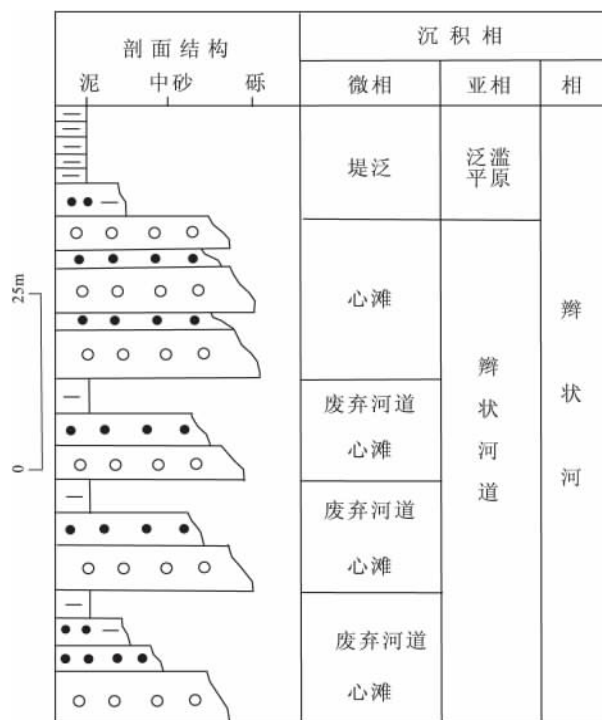


图3 广元工农镇剖面须家河组四段辫状河沉积相剖面结构
Fig.3 Sectional architectures of the braided stream facies in the fourth member of the Xujiahe Formation in the Gongnong Town section, Guangyuan

1. 河道亚相

包括心滩和废弃河道两微相:

(1) 心滩微相: 辫状河道大多数由心滩微相的砂体连续叠置而成(图2、3), 心滩砂体中主要发育板状交错层理、槽状交错层理、楔形交错层理, 顶部有时发育波状层理。砂体在平面上呈弯曲的短条带状或串珠状分布, 剖面上常呈透镜状产出。单个心滩砂体的厚度一般为1~3m, 由多个心滩砂体的连续叠置可形成厚度达数十至近百米的大砂体。心滩砂体底部几乎无一例外地发育有底冲刷构造,

切截充填构造和滞留砾岩,向上为发育具大、中型槽状、板状交错层理的中-粗粒砂岩、细粒砂岩,偶尔产生大量的植物茎干化石(硅化木)。

(2) 废弃河道微相:在垂向剖面中,废弃河道微相通常夹于两个心滩砂体之间(图3),所占辫状河道亚相的厚度比例很小,主要出现在须家河组中,尤以须三段、须四段最为发育。其成因与心滩发生侧向或纵向迁移,造成辫状河道频繁改道,致使原来的河道被废弃有关。废弃河道虽然常年被水覆盖,但因其位于非主流线位置,河水流动速度非常缓慢或处于静止状态,以接受洪水期的细粒悬移沉积物为主,为非常适宜动、植物生存的低能环境,易于沼泽化,因而岩性一般以含泥质较高的细砂岩(偶含砾)、粉砂岩、暗色粉砂质泥岩和炭质泥、页岩的薄互层组合为主,但局部以黑色炭质泥、页岩为主,并频繁地夹有可采煤层和煤线。砂岩中往往富含炭屑组分,普遍发育有沙纹层理,有时发育有小型板状和槽状交错层理,泥、页岩中植物较为丰富。

2. 泛滥平原亚相

主要由粉砂质页岩夹粉砂岩和炭质页岩、煤线、薄煤层组成,普遍发育沙纹和水平层理,产丰富的植物化石。泛滥平原亚相的堤泛沉积出现在上部或顶部,与心滩组成河流特有的二元结构(图3)。

2.3 曲流河相

曲流河沉积包括河道和河漫滩两个亚相,包括河道和河漫滩亚相,具典型的二元结构。河道亚相又可进一步划分为河床滞留和边滩两微相,而河漫滩亚相则可划分出天然堤、决口扇、泛滥平原、岸后沼泽等众多的微相类型(图4)。

1. 河道亚相

由河床底部滞留和边滩两个微相组成,局部也可以发育有心滩沉积。其中河床滞留微相厚度一般为0.1~0.5m,呈不稳定的透镜体状,岩性以细—中砾岩、含砾粗砂岩为主,底为冲刷面。其上为边滩微相,主要由细—中粒岩屑砂岩组成,局部为含细砾的中—粗粒岩屑砂岩(图4),砂体中往往发育有大型板状交错层理、槽状交错层和平行层理等,其形态分布较辫状河稳定,露头剖面上常表现为稳定连续的板状砂体。

2. 河漫滩亚相

研究区内河漫滩亚相以发育洪泛平原微相为主,其次为天然堤和决口扇,岸后沼泽偶尔也有发育(图4)。河漫滩亚相剖面上以粉砂岩和粉砂质泥岩、泥岩互层为主,偶尔夹有砂岩,发育沙纹层理、

波状层理和水平层理。砂体呈豆荚状或透镜状,单砂层厚度一般为0.1~2m。曲流河沉积体系的测井曲线相较于特征,以反映河道亚相沉积特征的高幅钟形为主要识别标志,而反映漫滩沉积特征的曲线,一般呈中—低幅指形、齿形和平滑形。

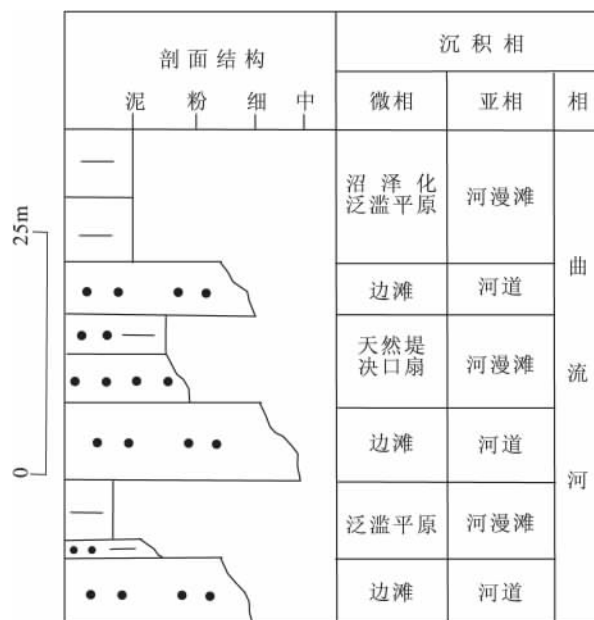


图4 通江平溪剖面须二段曲流河相剖面结构

Fig. 4 Sectional architectures of the meandering stream facies in the second member of the Xujiahe Formation in the Pingxi section, Tongjiang

2.4 扇三角洲沉积

扇三角洲沉积体系仅在川东北前陆盆地局部地区的须家河组四段中发育。此类沉积体系一般以垂直盆地边缘方向顺坡延伸发育的特点,岩性为砾岩、砂砾岩、砂岩及泥岩组成的不等厚互层组合,以砾岩和砂砾岩为主,成因与出山口的冲积扇直接伸入浅湖有关。按主要相标志特征,可划分为扇三角洲平原、扇三角洲前缘、前扇三角洲三个亚相,以及众多的微相类型。

1. 扇三角洲平原亚相

扇三角洲平原发育有辫状分流河道和分流间洼地两个微相(图5),由于扇三角洲平原发育区地形较陡,水浅流急,冲刷作用频繁发生,洪水作用显著,因而主体以发育辫状分流河道微相为主,而且辫状分流河道的多级次分流、汇合和侧向迁移活动极为频繁,每个分流河道沉积的砂体都具有正韵律沉积旋回结构,底部都发育有底冲刷构造,其上一一般为砾岩、砂质砾岩,再往上逐渐过渡为砾质砂岩或中—粗粒砂岩组合,砂岩及砾岩中普遍发育有块状

层理、递变层理、大型板状和槽状交错层理、平行层理,再向上过渡为具沙纹或波状层理的分流间粉砂岩、粉砂质泥岩及泥岩,但分流间沉积经常受到上覆分流河道的下切侵蚀作用而保存很差,甚至侵蚀殆尽。因此,在宏观特征上,扇三角洲平原往往表现为大套连续叠置的透镜状砂、砾岩体夹薄层粉砂岩、粉砂质泥岩及炭质泥岩夹煤线的组合。

2. 扇三角洲前缘亚相

扇三角洲前缘亚相的微相组合类型较多,包括水下分流河道、河口坝、远砂坝、前缘席状砂和分流间湾等微相(图5),其中以水下分流河道最为重要。但砂体的粒度相对水上平原中的分流河道明显变细,除水下主分流河道以含砾中粗粒砂岩为主,一般为中-细粒砂岩和粉-细粒砂岩组成多级次分流的水下分流河道,分流河道间洼地或水下天然堤、决口扇沉积强度加大,砂体间泥岩、粉砂岩夹层增多,泥岩富含有机炭组分而大多呈深灰-灰黑色,部分呈杂色。

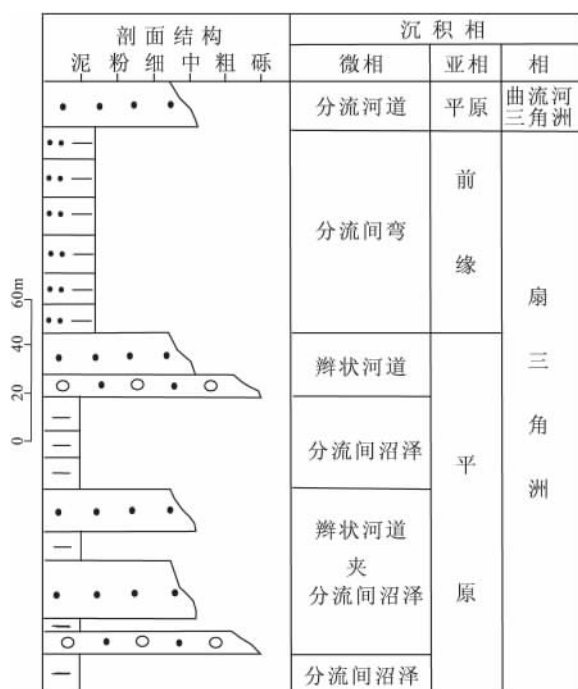


图5 通江平溪须家河组四段扇三角洲沉积序列剖面结构
Fig. 5 Sectional architectures of the fan delta sequences in the fourth member of the Xujiahe Formation in Pingxi, Tongjiang

3. 前扇三角洲亚相

前扇三角洲亚相占据河口前方的浅-半深湖位置,以沉积暗色泥岩为主,与浅-半深湖相沉积非常相似,区别在于前扇三角洲位于河口的正前方,为洪水流携入湖泊的泥、粉砂质悬移载荷主要堆积场

所,不仅沉积速率高,厚度大,富含有机质,通常为发育优质烃源岩的有利相带位置,而且与具备良好储集岩条件的河口坝和分流河道砂体形成完好的生、储、盖配置关系。

2.5 河流三角洲沉积

研究区河流三角洲主要为辫状河三角洲沉积,其次为曲流河三角洲沉积。其中辫状河三角洲沉积主要发育在研究区盆地边缘的上三叠统须家河组二段、三段,曲流河三角洲沉积体系在平溪剖面上三叠统须家河组五段中发育。此两类三角洲的沉积作用,都具有明显的分带性,都可划分为依次向盆地中心推进的三角洲平原、三角洲前缘和前三三角洲三个亚相带(图6)。

1. 辫状河三角洲

辫状河三角洲平原亚相由辫状分流河道和分流间洼地、天然堤、决口扇等微相组成。主要由多个相互叠置的分流河道浅灰-灰色含砾中-粗粒岩屑砂岩、天然堤或决口扇微相的粉砂岩、河道间洼地微相的深灰色、灰色粉砂质泥岩、炭质泥岩的韵律层组成,单个韵律层厚1~2m,个别为3~5m,韵律层底部冲刷面发育,冲刷面上常含有来自下伏地层、大小不等的泥砾,砂岩中发育块状层理、递变层理、大型板状和槽状交错层理、平行层理,泥岩中水平层理发育。

每个辫状分流河道都为正韵律沉积序列,底部发育有底冲刷构造,之上为砾质或含砾砂岩,主体以中-粗粒砂岩为主,发育块状层理、递变层理、大型板状和槽状交错层理、平行层理,粉砂岩具沙纹或波状层理。辫状河三角洲前缘亚相由水下分流河道、水下天然堤、水下分流河道间、水下决口扇、河口坝、前缘席状砂和分流间湾等微相组成,以发育水下分流河道和河口坝为主。水下分流河道和河口坝砂体除主水下分流河道以含砾中-粗粒砂岩为主,水下分流河道一般由中-细粒砂岩组成;河口坝由含泥质组分较高的细-粉砂岩组成(图6)。分流河道间洼地或水下天然堤以深灰-灰黑色泥、粉砂岩为主,夹有炭质泥、页岩和采煤层、煤线(图6)。前三三角洲亚相岩性以暗色泥、页岩为主,夹薄层粉砂岩(图6)。

2. 曲流河三角洲

曲流河三角洲平原主要由多个相互叠置的分流河道浅灰色含砾中-细粒岩屑砂岩-泛滥平原暗色泥岩、炭质泥岩夹薄煤层、煤线和粉砂岩的韵律层组成,单个韵律层厚0.5~2.5m,个别为3~6m,韵

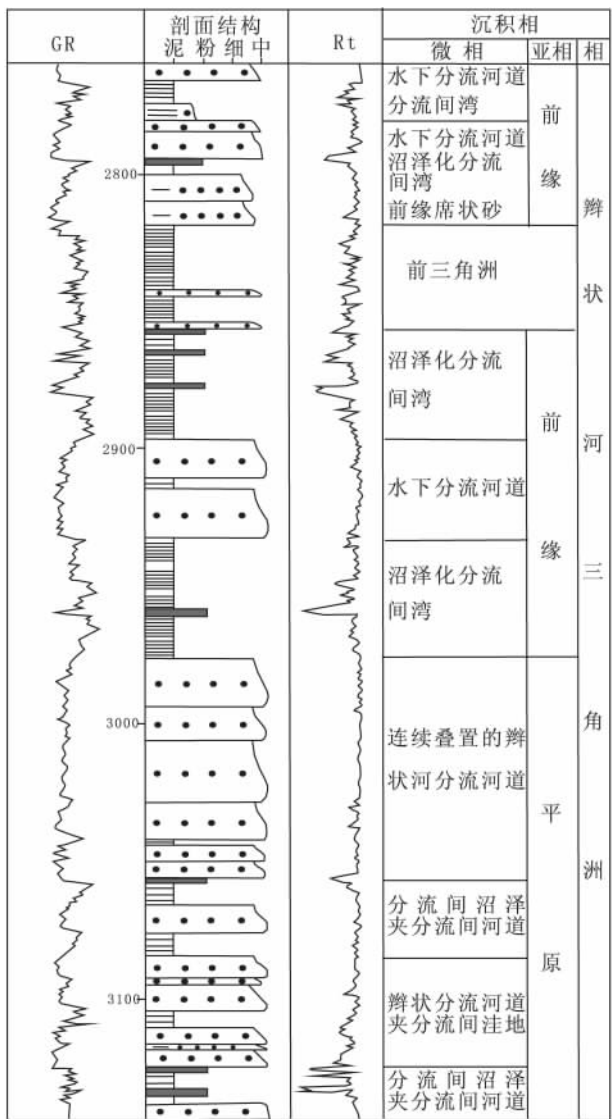


图6 渡5井须家河组四段和五段辫状河三角洲沉积序列和剖面结构

Fig.6 Sectional architectures of the braided delta sequences in the fourth and fifth members of the Xujiahe Formation through the Du-5 well

律层底部冲刷面发育,冲刷面上常含有来自下伏地层大小不等的泥砾,砂体下部具槽状或板状交错层理砂岩,中部具波状交错层理和波状层理砂岩,上部逐渐过渡为具沙纹层理的粉砂岩,泥岩中水平层理发育。曲流河三角洲前缘主要由水下分流河道、河口坝、远砂坝等微相组成(图2)。水下分流河道与三角洲平原分流河道相比粒度变细,主要由灰色中厚层状粉-细粒岩屑石英砂岩、岩屑砂岩组成,发育平行层理、小型交错层理、沙纹层理,砂体底部普遍发育小型冲刷面,冲刷面上常见顺层分布的暗色泥岩、炭质泥岩夹薄煤层、煤线和粉砂岩组成,纵向上由多个的河道砂体叠置组成韵律层。河口坝主

要由灰色粉-细粒岩屑石英砂岩、岩屑砂岩组成,具逆粒序结构,以发育小型交错层理、爬升沙纹层理。远砂坝由粉砂岩、泥质粉砂岩夹薄层泥岩组成,沙纹层理和水平层理发育,局部发育滑塌变形构造。测井曲线上,(水下)分流河道、泛滥平原分别与曲流河道、河漫滩特征相似,而河口坝的伽马测井曲线则呈漏斗形或微齿箱形或二者的组合形态,表征水体变浅和沉积水动力条件逐渐增强。前三角洲亚相岩性以泥岩、页岩为主,夹薄层粉砂岩(图2)。

2.6 湖泊沉积

研究区内上三叠统须家河组中湖泊沉积相沉积分布广泛。根据岩性组合、沉积构造和剖面结构,可将研究区湖相划分为滨湖、浅湖二个亚相(图2)。

1. 滨湖亚相

滨湖亚相主要发育于须三、须四、须五段地层之中,根据岩性类型及其组合,可将滨湖亚相细分泥坪、沙泥混合坪和沙坪三个微相。其中沙坪微相岩性以浅灰色、灰绿色细砂岩、粉砂岩为主,发育有浪成交错层理,板状交错层理;沙泥混合坪微相岩性为薄互层的灰绿色和杂色泥岩、粉砂质泥岩和粉砂岩组成,发育有波状、条带状层理;泥坪微相岩性以深灰色、灰绿色泥岩沉积为主,并发育有钙结核,表明为持续暴露的沉积环境(图2)。

2. 浅湖亚相

浅湖亚相主要发育于须三、须四、须五段地层之中,岩性为深灰色、灰黑色泥岩、页岩为主,夹条带状、薄层状粉-细砂岩、泥质粉砂岩,发育水平层理、浪成沙纹层理、透镜状层理等沉积构造(图2)。

3 沉积相展布与沉积演化

在岩心及露头剖面沉积相详细观察研究的基础上,通过高分辨率层序界面类型识别和沉积序列综合分析,将川东北前陆盆地须家河组的沉积充填体划分为两个超长期、6个长期(L1~L6)和13~16个中期基准面旋回层序。6个长期旋回分别对应须一段至须六段^[2,14,22]。在以6个长期旋回层序为等时地层单元编制了须一段至须六段的层序-岩相古地理图(图7)。其沉积相展布特征论述于下:

3.1 须一期(即小塘子期)岩相古地理特征

川东北前陆盆地的形成与印支早期扬子地台西缘和北缘的碰撞造山作用密切相关。晚二叠世-中三叠世扬子板块以“双向俯冲模式”向北俯冲于昆仑地块之下,于中三叠世拉丁中晚期与北方板块

和柴达木板块发生陆-陆碰撞,使阿尼玛卿洋盆闭合,并沿阿尼玛卿板块结合带发生碰撞造山作用。西部受金沙江古特提斯洋关闭及其洋壳与扬子板块之间的俯冲碰撞的影响,来自于碰撞作用产生的挤压应力导致扬子板块后缘岩石圈发生挠曲,形成弧后边缘海盆内侧的隆起(即龙门山古岛链形成)和与之平行的川西拗陷,在四川盆地中部形成与此相对应的泸州、开江隆起。同时造成扬子西缘由被动大陆边缘转化为活动大陆边缘的隆拗相间的构造格局,使扬子西缘迅速由海相碳酸盐岩沉积转化为早期松潘-甘孜大型周缘前陆盆地沉积。卡尼克期末,以泸州、开江为核心的水下古隆起进一步上升为陆,形成泸州和开江古隆起,整个上扬子区的抬升进一步形成东高西低地势,海水由东向西退缩。研究区的物源主要来源于研究区东边的川中古隆起和北边的秦岭造山带。研究区主要为三角洲平原-三角洲前缘-前三角洲亚相沉积(图7A),其中前三角洲亚相沉积主要发育于研究区北西部广元、剑阁等地;三角洲平原发育于南充、简阳等地;三角洲前缘则发育于研究区西部绵阳、安县一带。南江以东主要为隆起剥蚀区,部分为三角洲平原区。本期沉降中心在绵阳、邛崃以西地区,沉积厚度100~300m。

3.2 须二期岩相古地理特征

随着四川盆地西部沿金沙江洋及甘孜-理塘板块结合带和北部沿阿尼玛卿板块结合带发生碰撞造山作用的持续进行,产生龙门山构造带自北向南东的推覆挤压力与秦岭构造带自北向南的推覆挤压力的联合作用,导致早期松潘-甘孜大型周缘前陆盆地于中三叠世晚期强烈褶皱回返。并且将巨型周缘前陆盆地阶段处于前陆斜坡位置的龙门山和米仓山-大巴山地区的上古生代至早、中三叠世的大陆边缘地台型地层卷入回返的褶皱山系并发生构造反转,形成沿龙门山大断裂和巫溪-铁溪大断裂发育,各自呈北东向和北西向展布的两条陆内俯冲带以及同走向的龙门山和米仓山-大巴山两个以逆冲和推覆为主造山带。并渐近推覆在具有俯冲板块性质的扬子地块西部边缘上,形成叠加在早期松潘-甘孜大型周缘前陆盆地之上的前陆盆地。其沉积作用发生在四川盆地由海相向陆相过渡的转折期^[3,14],以其底部广泛发育的构造不整合面,标志四川盆地由卡尼克期-诺利克早期的周缘前陆盆地阶段^[6,14]转入到诺利克晚期-瑞替克期须家河期的前陆盆地构造演化阶段。该时期前陆盆地的沉积-

构造演化受龙门山造山带逆冲推覆作用控制,沉降-沉积中心位于川西拗陷内。而位于前隆斜坡带的川东北地区以稳定低幅拗陷为主,沉积充填厚度为121~559m,平均311m。区域上,古地理演化自西部的广元-南江阮家湾、通江平溪、万源石冠寺,至东部的宣汉固军坝、七里峡和开县一带,沿盆地边缘自西向东发育有3个巨大的辫状河三角洲沉积体系,以发育辫状河三角洲沉积体系为主(图7B),辫状三角洲平原分流河道砂体大多数呈连续叠置的透镜状产出,粒度较粗,大型斜层理和底冲刷构造非常发育,是川东北地区须家河组储层的主要层位。各三角洲进积砂体间夹有分流间湾和沼泽微相的薄层泥岩、粉砂质泥岩和薄煤层,含大量植物茎干化石。盆地西南侧为浅湖沉积,于仪陇南的营山一带发育有小片浅湖砂坝(图7B)。

3.3 须三期岩相古地理特征

川东北前陆盆地主要表现为湖进扩张期的滨浅湖、前三角洲或沼泽化分流间湾薄层碳质泥页岩、粉砂岩、薄煤层和煤线组成的沉积组合。该阶段末期受“安县运动”构造推覆隆升影响,在川东北前陆盆地北西部的广元-平溪一带、东部的万源石冠寺-固军坝一带,以及东南部的宣汉七里峡-三汇一带均出现了大面积的暴露剥蚀区(图7C),并在相应部位形成辫状河三角洲沉积体系(图7C)。

3.4 须四期岩相古地理特征

研究区以须四段底部“安县运动”不整合面为界^[19],所对应的龙门山和米仓山-大巴构造带进入强烈逆冲推覆构造活动期。强烈隆升的米仓山-大巴构造山系为川东北拗陷提供了大量粗碎屑沉积物,致使沉积物供给骤然增多变粗。在川东北前陆盆地盆缘,主要表现为由冲积扇扇根-扇中,或扇三角洲平原-前缘沉积的中-粗砾岩、砾质粗砂岩和含砾中-粗砂岩,夹薄层杂色或暗色泥页岩、粉砂岩组成沉积序列(图7D)。沿米仓山-大巴山前缘地带不同程度地发育有冲积扇砾岩沉积,尤其在万源石冠寺和广元千佛崖地区特别发育,在南江阮家湾、通江平溪等地的须四段底部也不同程度地发育有砾岩层。在盆地中部巴中-仪陇一带为由灰色-深灰色薄层碳质泥页岩、粉砂岩、薄煤层组成的浅湖相沉积。在盆地南东开县一带为深灰色、灰黑色泥岩、页岩为主的湖湾沉积。

3.5 须五期岩相古地理特征

须五段以湖泊相沉积为主,沉积范围进一步扩大(图7E)。该时期沉降-沉积中心已从川西拗陷迁

移位于川东北坳陷。盆缘除了在广元-剑阁-旺苍和万源石冠寺发育冲积扇外,一般以发育辫状河-曲流河三角洲-湖泊和沼泽沉积体系为主(图 7E)。厚度较薄(120~280m)。盆内以广泛发育滨、浅湖和沼泽相的大套深灰泥岩、粉砂岩、碳质泥岩夹薄煤层组合为主,厚度较大,一般为 300~400 m,是川东北地区最重要的煤系地层和烃源岩及区域性盖层发育层位。三角洲沉积相区由分流河道、前缘席状砂、分流间湾及前三角洲等相序组成。

3.6 须六期岩相古地理特征

须六段沉积作用以湖泊相沉积和辫状河三角洲沉积为主,发育不断向盆内大幅度推进的辫状河-

曲流河三角洲沉积体系(图 7F)。河流三角洲沉积体系主要分部在盆地东部万源石冠寺-川岳 83-川 26 井一带,由辫状河分流河道-水下分流河道细-中粒砂岩夹分流间湾或分流间沼泽薄层暗色泥页岩、薄煤层和煤线等组成。前三角洲或浅湖相为暗色泥岩、粉砂质泥岩与远砂坝和河口坝(或滨浅湖滩坝微相)微相的中-厚层粉-细砂岩组成。在广元、旺苍和南江西部一带以及开县以东地区都发育有大片隆升剥蚀区(图 7F)。

4 结论

(1) 川东北前陆盆地上三叠统须家河组地层自

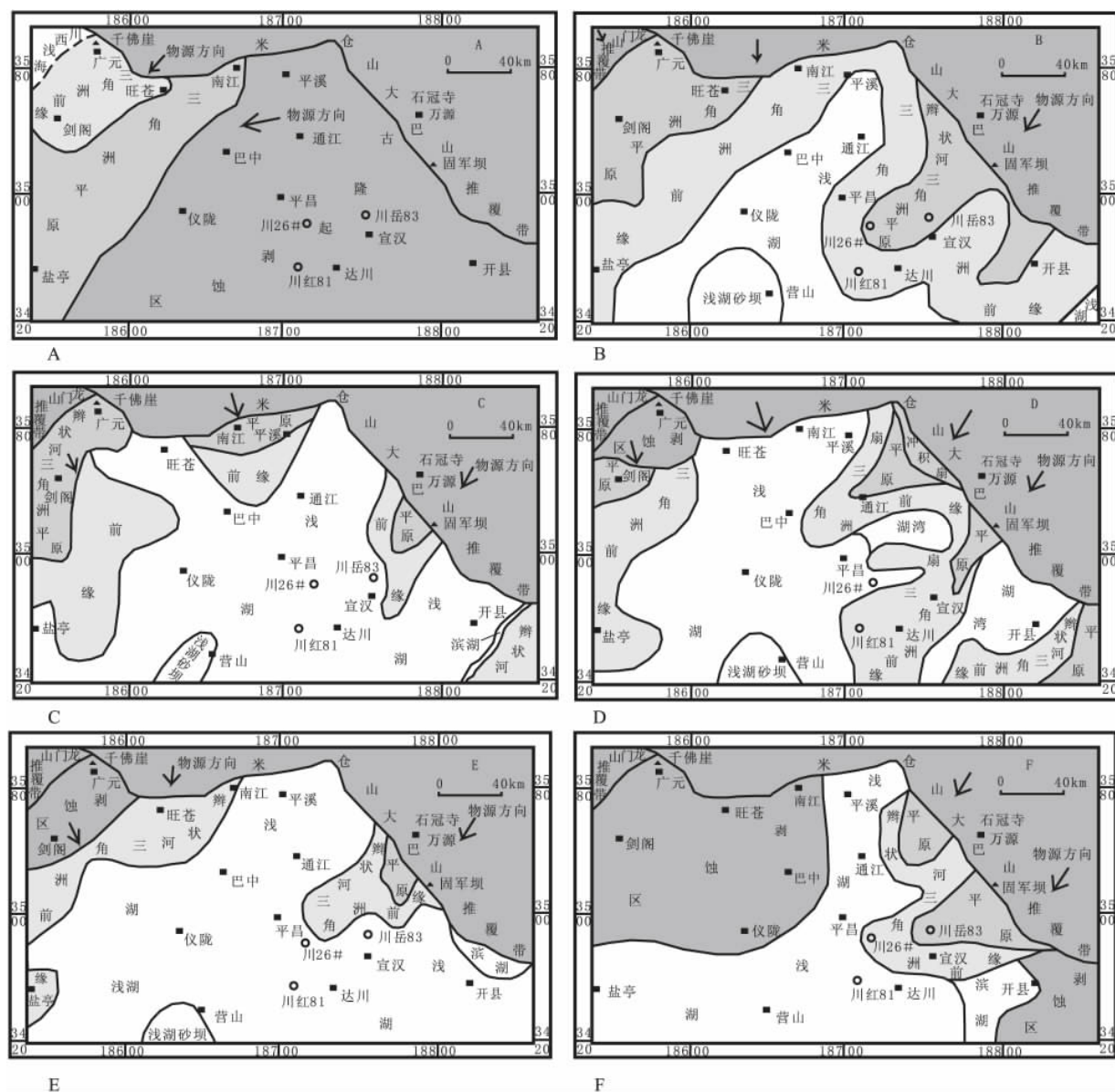


图 7 川东北前陆盆地须家河组岩相古地理图

Fig. 7 Sedimentary facies and palaeogeographic maps of the northeastern Sichuan foreland basin during individual periods of the deposition of the Xujiahe Formation

下而上可以划分为六段。其中,须家河组一段(即小塘子组)主要出露于盆地西北部的龙门山中、北段;须家河组一段~六段在盆地中出露比较完整,区域对比性强。

(2) 川东北前陆盆地上三叠统须家河组发育冲积扇相、辫状河相、曲流河相、扇三角洲沉积相、河流三角洲沉积、湖泊相等6种沉积相类型。

(3) 上三叠统须家河组须一段(即小塘子组)主要发育三角洲相,主要分布于研究区北西部广元、剑阁、绵阳、安县一带。须二段和须三段时期,米仓山-大巴山造山带推构造作用相对较弱,在低幅隆升构造背景条件下,川东北坳陷处于稳定低幅沉降状态,物源物供给稳定和较细,以发育辫状河三角洲-浅湖沉积相为主;须四段、须五和须六段时期,在米仓山-大巴山造山带强烈逆冲推覆和大幅度隆升构造背景条件下,川东北坳陷急剧大幅度沉降,强烈隆升的构造山系为前缘坳陷提供大量粗碎屑沉积物,以发育冲积扇-扇三角洲-辫状河三角洲-浅湖沉积相为主。

参考文献:

- [1] 陈发景,汪新文,张光亚,等. 中国中、新生代前陆盆地的构造特征和地球动力学[J]. 地球学报, 1996, 21(4): 366-372.
- [2] 古俊林,郑荣才,罗平,等. 川西坳陷中-南段须家河组层序地层格架与生储盖组合[J]. 成都理工大学学报, 2004, 31(3): 282-290.
- [3] 郭正吾,邓康龄,韩永辉,等. 四川盆地形成与演化[M]. 北京:地质出版社, 1996. 113-138.
- [4] 李勇, Allen P A, 周荣军,等. 青藏高原东缘新生代龙门山前陆盆地动力学及其与大陆碰撞作用的耦合关系[J]. 地质学报, 2006, 80(8): 1101-1109.
- [5] 刘和甫. 前陆盆地类型及褶皱-冲断层样式[J]. 地学前缘, 1995, 2(3-4): 59-68.
- [6] 刘和甫,梁惠社,蔡立国,等. 川西龙门山造山冲断系构造与前陆盆地演化[J]. 地质学报, 1994, 68(2): 101-113.
- [7] 刘和甫,汪泽成,熊保贤,等. 中国中西部新生代前陆盆地与挤压造山带耦合分析[J]. 地学前缘, 2000, 7(3): 55-72.
- [8] 刘树根,罗志立,戴苏兰,等. 龙门山冲断带的隆升与川西前陆盆地的沉降[J]. 地质学报, 1995, 69(3): 205-214.
- [9] 刘树根,罗志立,赵锡奎,等. 中国西部盆山系统的耦合关系及其动力学模式—以龙门山造山带—川西前陆盆地系统为例[J]. 地质学报, 2003, 77(2): 177-186.
- [10] 刘树根,罗志立,赵锡奎,等. 试论中国西部陆内俯冲型前陆盆地的基本特征[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(1): 37-48.
- [11] 罗启后,王世谦. 四川盆地中西部三叠系重点含气层系天然气富集条件研究[J]. 天然气工业, 1996, 16(1): 40-55.
- [12] 罗志立,宋鸿彪,赵锡奎,等. C-俯冲带及对中国中西部造山带形成的作用[J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(2): 1-7.
- [13] 罗志立,刘树根. 评述“前陆盆地”名词在中国西部含油气盆地中的应用[J]. 地质论评, 2002, 48(4): 398-407.
- [14] 毛琼,邹光富,郑荣才,等. 四川龙门山前陆盆地上三叠统小塘子组、须家河组高分辨率层序地层学特征[J]. 资源与产业, 2006, 8(2): 119-124.
- [15] 牟传龙,谭钦银,余谦. 米仓山南缘中生代沉积盆地性质讨论[J]. 沉积与特提斯, 2008, 28(3): 41-45.
- [16] 施伟,董树文,胡健民,等. 大巴山前陆西段叠加构造变形分析及其构造应力场特征[J]. 地质学报, 2007, 81(10): 1315-1327.
- [17] 四川省地质矿产局. 中华人民共和国地质矿产部地质专报, 四川省区域地质志, (一) 区域地质, 第23号[M]. 北京:地质出版社, 1991. 206-241.
- [18] 孙肇才. 中国中西部中—新生代前陆类盆地及其含油气性—兼论准噶尔盆地内部结构单元划分[J]. 海相油气地质, 1998, 3(4): 16-30.
- [19] 王金琪. 龙门山印支运动主幕辨析—再论安县构造运动[J]. 四川地质学报, 2003, 23(2): 65-69.
- [20] 吴世祥,汪泽成,张林,等. 川西前陆盆地勘探思路分析[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(3): 210-216.
- [21] 颜仰基,吴应林. 巴颜喀拉-川西边缘前陆盆地演化[J]. 岩相古地理, 1996, 16(3): 16-29.
- [22] 郑荣才,翟文亮,朱如凯,等. 川西类前陆盆地晚三叠世须家河期构造演化及层序充填样式[J]. 中国地质, 2008, 35(2): 246-255.
- [23] ALLEN P A, HOMEWOOD P. Foreland Basin [M]. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1986.

Upper Triassic sedimentary facies and sedimentary evolution in the northeastern Sichuan foreland basin

MAO Qiong¹, ZHENG Rong-cai², ZOU Guang-fu³, YANG Kai⁴, WANG Fang⁴, ZHANG Zhi-yong⁵

(1. *China University of Mining and Technology, Beijing 100081, China*; 2. *State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu 610059, Sichuan, China*; 3. *Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China*; 4. *Research Institute of Petroleum Exploration and Development, North China Oil Field Company, PetroChina, Renqiu 062552, Hebei, China*; 5. *No.1 Oil Production Plant, North China Oil Field, Renqiu 062552, Hebei, China*)

Abstract: The present paper deals with the sedimentary sequences and sedimentary facies types in the Upper Triassic Xujiahe Formation in the northeastern Sichuan foreland basin in terms of field outcrops and well data. Eight types of sedimentary facies are discriminated, including alluvial fan, braided stream, meandering stream, fan delta, braided delta, meandering delta, lake and marine delta facies. The palaeogeography went through the evolution from the marine facies to the transitional facies and continental facies, suggesting the basin-mountain coupling and sedimentary responses in the northeastern Sichuan foreland basin during the Late Triassic. During the deposition of the first member of the Xujiahe Formation (i. e., the Xiaotangzian), the bulk of the study area was uplifted and developed into the continent under the influence of the Indosinian movement. The marine delta deposits were developed only in Guangyuan and Jiange. During the deposition of the second member of the Xujiahe Formation, the highly overthrusting in the Micangshan-Dabashan tectonic zone resulted in the gradual subsidence of the northeastern Sichuan foreland basin. The braided delta deposits were organized in the frontal part of the Micangshan-Dabashan zone. The shallow lake deposits appeared in the southwestern part of the basin. During the deposition of the third member of the Xujiahe Formation, the gradually decrease of tectonism in the Micangshan-Dabashan zone led to the decrease of sediment supply. The braided delta deposits occurred in the frontal part of the Micangshan-Dabashan zone. The shallow lake deposits prograded from the marginal part to the central part of the basin. Till the deposition of the fourth to sixth members of the Xujiahe Formation, the highly overthrusting and tectonic uplifting in the Micangshan-Dabashan zone permitted the rapid subsidence of the northeastern Sichuan foreland basin, and the sudden increase of abundant sediment supply. From the the marginal part to the central part of the basin, there occurred the alluvial fan, fan delta, braided delta, meandering stream, meandering delta and shallow lake deposits.

Key words: northeastern Sichuan foreland basin; Upper Triassic; Xujiahe Formation; sedimentary facies