

文章编号: 1009-3850(2007)02-0066-08

德阳须家河组四段沉积相特征和砂体分布规律

高红灿¹, 郑荣才¹, 叶泰然^{1,2}, 魏钦廉¹

(1. 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; 2. 中国石化西南分公司 勘探开发研究院德阳分院, 四川 德阳 618000)

摘要: 孝泉—新场—合兴场地区上三叠统须家河组四段以发育扇三角洲沉积体系为主, 其砂体成因类型为扇三角洲前缘水下辫状分流河道(含砾)中—粗粒砂岩夹少量碎屑流沉积砾岩。须家河组四段可划分为 1 个长期、3 个中期和 18 个短期基准面旋回层序, 主要砂体合并为 6 套砂组。各砂组分布与由基准面变化引起的可容纳空间和沉积物供给量比值密切相关: 低位体系域沉积期, 基准面上升缓慢, 沉积物供给(远)大于可容纳空间, 沉积作用以主动进积为主, 砂体不断向湖盆方向推进; 湖侵体系域沉积期, 基准面快速上升, 沉积物供给量逐渐减少而(远)小于可容纳空间, 沉积作用由进积逐渐转入加积和退积; 高位体系域沉积期, 基准面由缓慢上升逐渐进入到快速下降, 可容纳空间由缓慢增加突变为迅速减小, 而沉积物供给由小于或略等于可容纳空间逐渐变为(远)大于可容纳空间, 沉积作用由弱进积、加积迅速变为强迫进积。

关键词: 德阳; 上三叠统; 须家河组; 沉积相; 四川
中图分类号: P512.2 文献标识码: A

德阳孝泉—新场—合兴场位于靠近龙门山前缘的川西坳陷中部, 面积约888.659km²(图 1)。川西地区上三叠统须家河组气藏经反复改造、重组而形成超致密储层气藏, 主要发育于二段和四段。至2003年, 在须家河组中相继发现包括孝泉、新场、丰谷和合兴场等气田在内的 6 个气藏, 揭示出该区须家河组有巨大的油气勘探潜力。

笔者首先从整个四川盆地和川西坳陷入手, 沿盆地周边的龙门山和米仓山—大巴山前缘实测了10余条须家河组露头剖面, 结合盆地内100多口钻井资料, 以研究区内三维地震资料和17口钻井的录井、测井及岩心资料为重点, 对该地区须四段开展地质、测井及地震相结合的沉积相特征和砂体分布规律综合研究, 旨在为该地区油气勘探提供更为精确的基础地质资料。

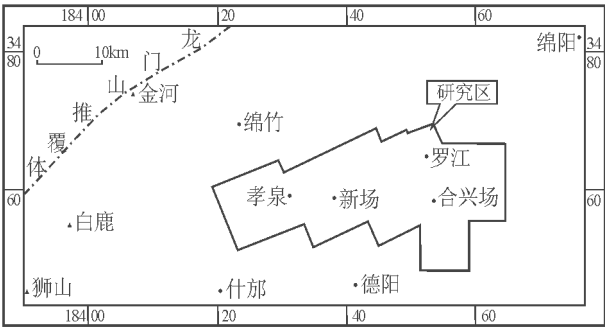


图 1 研究区位置图
Fig. 1 Location of the study area

1 区域沉积概况

晚三叠世四川盆地的形成, 与印支期龙门山和米仓山-大巴山两造山带的侧向推覆挤压和冲断作

收稿日期: 2006-04-15
第一作者简介: 高红灿, 1969 年生, 博士生, 主要从事储层沉积学研究。
资助项目: 中石化西南分公司重大科技攻关项目“孝泉—新场—丰谷地区须家河组高分辨率层序地层与砂体分布研究”(ZGJ—0401)。

用密切相关^[1~5],以龙门山造山带的侧向逆冲推覆作用最为重要,须二段沉积早期开始形成四川盆地的雏形,以川西坳陷沉降幅度最大,为四川盆地晚三叠世的沉降-沉积中心。须三段沉积早期海水已基本退出四川盆地,区域沉积由海相进入到陆相沉积演化史。须四段沉积早期,龙门山构造山系的逆冲推覆作用进一步加强,造成川西坳陷进一步沉降,形成须三段与须四段之间的平行不整合,并于龙门山前渊的川西坳陷形成一系列大规模发育的冲积扇、(扇)三角洲沉积体系。

2 须家河组四段层序划分

四川盆地须家河组为一套陆源碎屑“煤系地层”,含有丰富的植物化石,以 *Dictyophyllum nathorsti-Clathropteris meniscioides* 组合为代表^[6,7]。须一、三、五段以泥页岩、粉砂质泥岩、粉砂岩夹岩屑石英砂岩为主,局部夹泥灰岩条带及透镜体;须二、四段以细—粗粒岩屑砂岩、岩屑石英砂岩夹粉砂岩、泥岩及炭质页岩为主。在孝泉—新场—合兴场地区,须四段岩性明显可分为上、中、下三部分(图2):下部为灰色、浅灰色中—粗粒岩屑石英砂岩、岩屑砂岩,夹黑色泥、页岩,底部为灰色砾岩、含砾砂岩,与下伏须三段地层呈平行不整合或整合接触;中部为黑色页岩、炭质页岩夹浅灰、深灰色细—中粒钙屑砂岩、岩屑石英砂岩,或呈不等厚互层,局部夹煤线;上部为灰色、浅灰色细—中粒岩屑砂岩、岩屑石英砂岩夹黑色页岩、粉砂质泥页岩,或呈略等厚互层,局部夹煤线,与上覆须五段地层呈整合接触。地震剖面上,须四段顶、底分别为 T_5^3 、 T_5^2 反射(图3),在整个盆地内可较好地追踪对比。

笔者以更适合于陆相盆地层序分析的高分辨率层序地层学理论为指导思想^[8~11],以不同级次基准面旋回为划分依据^[11],对孝泉—新场—合兴场地区须四段沉积时的物源、构造、气候等因素制约的可容纳空间与沉积物供给量比值进行综合分析,并以具良好横向连续性和等时性的地震反射界面为约束条件,将须四段划分为1个长期、3个中期和18个短期基准面旋回层序(图2,图3)。

3 沉积相特征

由于“安县运动”造成龙门山的强烈隆升^[12,13],须四段沉积期在川西地区形成巨大的前缘坳陷地形反差,在龙门山北—中段前缘的广元、安县、彭州等地发育有大规模的冲积扇-扇三角洲相的中—粗砾

岩沉积,夹有大量硅化木及煤团块,向东推进到研究区时,砾岩厚度变薄,粒度变细,为细—中砾岩(图4-1),且碳质页岩夹层逐渐增厚。

从碎屑岩颜色、结构、沉积构造和剖面结构等能反映沉积环境的相标志特征分析,研究区须四段主要为温暖潮湿气候条件下的扇三角洲前缘亚相沉积,属龙门山前缘安县—绵阳—德阳大型扇三角洲沉积体系北侧的主体部位(郑荣才等,2005,孝泉—新场—丰谷地区须家河组高分辨率层序地层与砂体分布研究),与众多关于川西坳陷须四段为扇三角洲沉积的前人研究成果相符。

3.1 扇三角洲前缘亚相

须四段发育的扇三角洲前缘主要由水下辫状分流河道和分流间湾等微相组成,而河口坝微相不发育,这与水下辫状分流河道中频繁出现的碎屑流快速堆积体不时中断水下辫状分流河道的稳定性和扩展周期有关^[14]。

1. 碎屑流沉积

碎屑流沉积是洪水期形成的冲积扇泥石流继续向湖盆方向搬运而形成的水下重力流沉积,以砾岩为主,具块状构造,局部发育递变层理,主要发育在须四段下部。以CL562井须四段底部取心段为例(图4-1),碎屑流沉积主要由灰色砾岩组成,砾石含量为60%~70%,以细—中砾为主,砾径一般在6~20mm之间,成分以碳酸盐岩为主,次为石英岩,少量燧石,磨圆中—较好,分选差,多呈互不接触状悬浮在填隙物中,填隙物主要为中—粗粒石英和岩屑碎屑,泥质组分较少,钙质胶结。从砾石颜色多为较暗的灰色,说明其形成于水下弱还原环境而有别于氧化环境的冲积扇(或扇三角洲平原)红层砾岩。又据其砾石较细、磨圆度中—较好,且填隙泥质组分含量较少和不具备牵引流形成的沉积构造特征来看,认为其具有碎屑流沉积性质,并距离物源有一定的距离。其GR曲线为高幅齿化箱形或圣诞树形(图2),显示强烈的进积特征。

2. 水下辫状分流河道

水下辫状分流河道在研究区须四段广泛发育,为扇三角洲平原辫状分流河道延伸到水下而形成的惯性流水道沉积。以CL562井须四段上部取心段为例,水下辫状河道主要由灰色、浅灰色(含砾)砂岩组成,块状和平行层理、板状和槽状斜层理以及底冲刷构造和滞留泥砾岩都极其发育,部分岩心沿平行层理的细层面破裂为薄饼状(图4-2)。其GR曲线为高幅微齿钟形或圣诞树形(图2)。

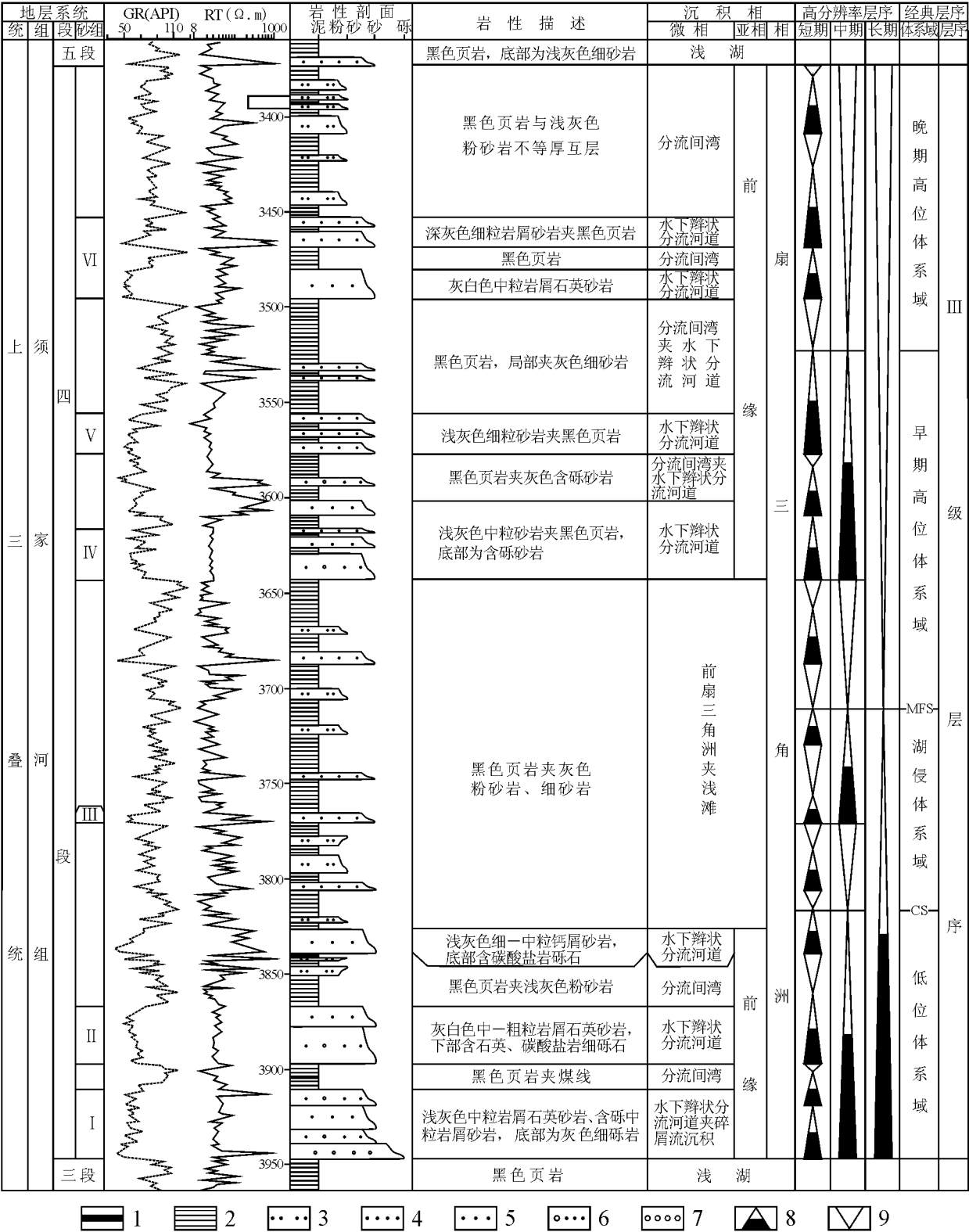


图2 德阳须家河组四段沉积相及高分辨率层序地层综合柱状图(CH127井)

1. 煤线; 2 页岩; 3. 粉砂岩; 4. 细砂岩; 5. 中砂岩; 6. 含砾砂岩; 7. 砾岩 8. 基准面 上升; 9. 基准面 下降。CS. 初始湖泛面; MFS. 最大湖泛面

Fig. 2 Generalized column of the sedimentary facies and high-resolution sequence stratigraphy of the 4th member of the Xujiache Formation in Deyang, western Sichuan (CH127 well)

1= coal seam; 2= shale; 3= siltstone; 4= fine-grained sandstone; 5= medium-grained sandstone; 6= gravelly sandstone; 7= conglomerate; 8= base-level rise; 9= base-level fall. CS= initial lake-flooding surface; MFS= maximum lake-flooding surface

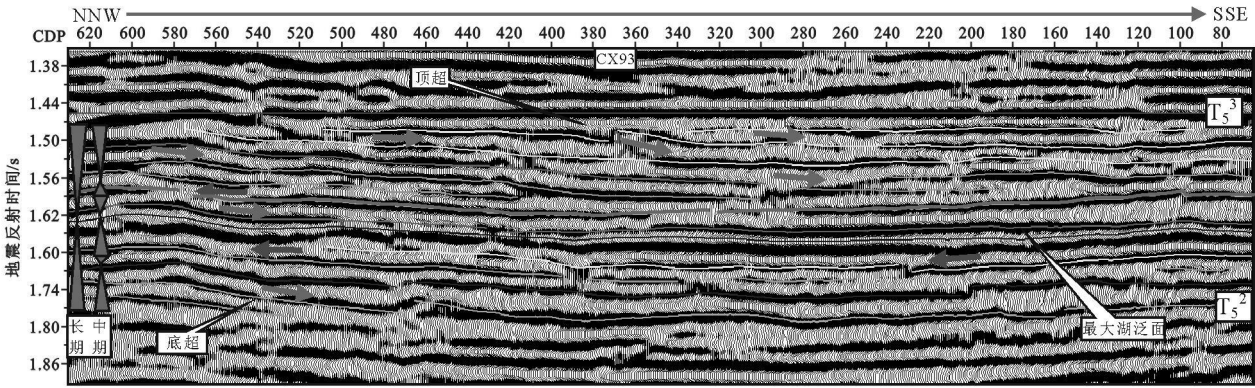


图 3 孝泉地区须家河组四段层序界面和洪泛面的地震标定(过 CX93 井 INLINE323)

Fig. 3 Seismic calibration of sequence boundary and flooding surface in the 4th member of the Xujiahe Formation in the Xiaoquan region, western Sichuan (INLINE 323 across the CX93 well)



图 4 川西拗陷须家河组四段沉积特征岩心照片

1. 扇三角洲前缘碎屑流沉积砾岩, CL562 井, 4072.35~4074.17m(四段底部); 2. 扇三角洲前缘水下辫状分流河道中一粗粒砂岩和滞留泥砾, 具平行层理, CL562井, 3603.17~3607.08m(四段上部); 3. 分流间湾粉砂岩, 具波状层理、透镜状层理以及火焰构造, CH127井, 3386.71m(四段上部) (岩心直径均为100mm)

Fig. 4 Photographs showing the sedimentary characteristics of the 4th member of the Xujiahe Formation in western Sichuan depression

1. Fan delta frontal debris flow conglomerate, CL562 well, 4072.35—4074.17 m (the base of the 4th member of the Xujiahe Formation) ;

2. Fan delta frontal subaqueous braided distributary channel medium to coarse-grained sandstone and lag muddy gravels, with parallel bedding, CL562 well, 3603.17—3607.08 m (the upper part of the 4th member of the Xujiahe Formation) ;

3. Interdistributary bay siltstone with wavy bedding, lenticular bedding and flame structure, CH127 well, 3386.71 m (the upper part of the 4th member of the Xujiahe Formation) . (The core diameter is 100 mm.)

3. 分流间湾

分流间湾分布在水下分流河道之间相对低洼的湖湾区, 与浅湖相通, 植物生长繁盛, 但水流相对闭塞, 局部沼泽化。在研究区以沉积黑色碳质泥页岩

夹薄煤层、煤线为主(图 2), 夹少量由洪水期溢堤沉积的薄层粉—细粒砂岩。泥页岩中水平层理发育, 富含植物化石; 粉—细粒砂岩中波状及透镜状层理发育, 并往往伴有同生变形的火焰构造(图 4-3);

其GR曲线主要表现为低幅齿形(图2)。

从总体上看,上述碎屑流与牵引流并存的双重沉积特征为扇三角洲沉积体系有别于辫状河流和辫状河三角洲沉积体系的显著标志^[15]。另外,孝泉-新场-合兴场地区须四段黑色页岩夹层广泛发育的特征,也有别于暗色泥岩相对不发育的辫状河流和扇三角洲平原,可作为扇三角洲前缘沉积的另一佐证。

3.2 前扇三角洲亚相

前扇三角洲占据河口前方浅湖一半深湖位置,为泥、粉砂等悬移载荷的细粒沉积物主要堆积场所。在研究区,须四段前扇三角洲亚相以沉积质纯、富含有机质和水平层理非常发育的黑色泥页岩为主,局部夹泥岩或薄层泥质粉砂岩,为烃源岩的有利发育相带位置。

4 砂体分布特征

4.1 砂体划分与预测方法技术思路

在地震反射界面约束下的高分辨率层序划分基础上(图2,图3),采用从较长期到较短期基准面旋回的多级次划分和相当时间-地层反演的逐级对比技术方法^[16],将砂体纳入相应时间尺度和层次的等时地层格架中加以描述和逐层等时追踪对比,非常有效地提高了砂体对比精度。

为解决钻井控制不到的“盲区”中砂体追踪对比问题,本次研究进行了基于中、长期层序地层格架的GR拟声波地震地层反演,依托三维INTERWELL多井约束地震地层反演软件实现砂体(砂组)的标定

(图5),克服了须四段砂体波阻抗特征复杂,利用波阻抗反演难以解决砂体预测的问题。在反演剖面上,由于地震反射所代表的信息往往为宏观砂层组的信息,而对中间的泥质夹层则难以分辨,这就决定了地震预测单元应以砂组为单位,依据砂体横向分布与地震的可预测性等特征,将须四段主要砂体归并为井-震可追踪对比的6套砂组,自下而上依次命名为I砂组—VI砂组(图2,图5)。

在确定纵向上各砂组基于GR的波阻抗门槛值基础上,首先建立50×50 INLINE与CROSSLINE砂组顶、底层位追踪控制网,再进一步加密成10×10测网,最后以钻井中各砂体实际厚度为约束条件,将追踪出的各砂组时间厚度平面图转换为实际厚度平面图。以相控模式为指导,对基于地震反演的砂组厚度图进行优化,编制须四段各砂组等厚图。以水下辫状分流河道(碎屑流沉积)微相的砂体厚度平均值大于10m的普遍规律,取10m等值线为其与前扇三角洲或分流间湾微相的分界线,并综合考虑能反映沉积环境特征的各种单因素,依据“单因素分析多因素综合作图法”^[17]编制须四段各砂组沉积微相图(图6)。

4.2 砂体时空展布特征

1. I砂组和II砂组

I砂组和II砂组发育于须四段长期基准面旋回层序的低位体系域(图2)。受“安县运动”影响^[12,13],龙门山强烈隆升,沉积物供给充足,研究区内I砂组和II砂组以发育扇三角洲前缘水下辫状分流河道夹碎屑流沉积为主。在须四段底部I砂组沉

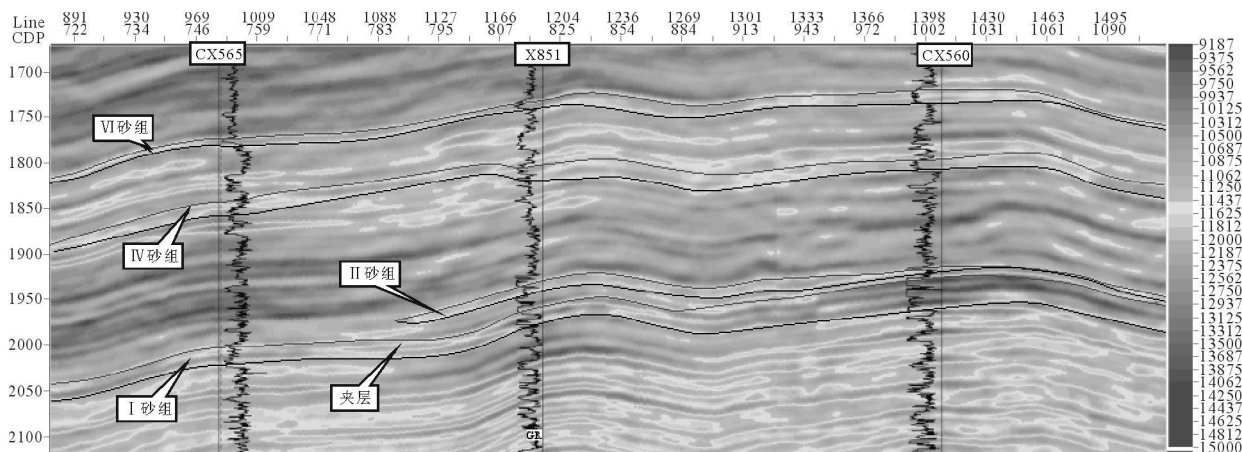


图5 川西坳陷新场地区须家河组四段GR反演剖面(该剖面III和V砂组相对不发育)

Fig. 5 GR-based inversion profile of the 4th member of the Xujiahe Formation in the Xinchang region, western Sichuan depression (The sandstone sets III and V are less developed.)

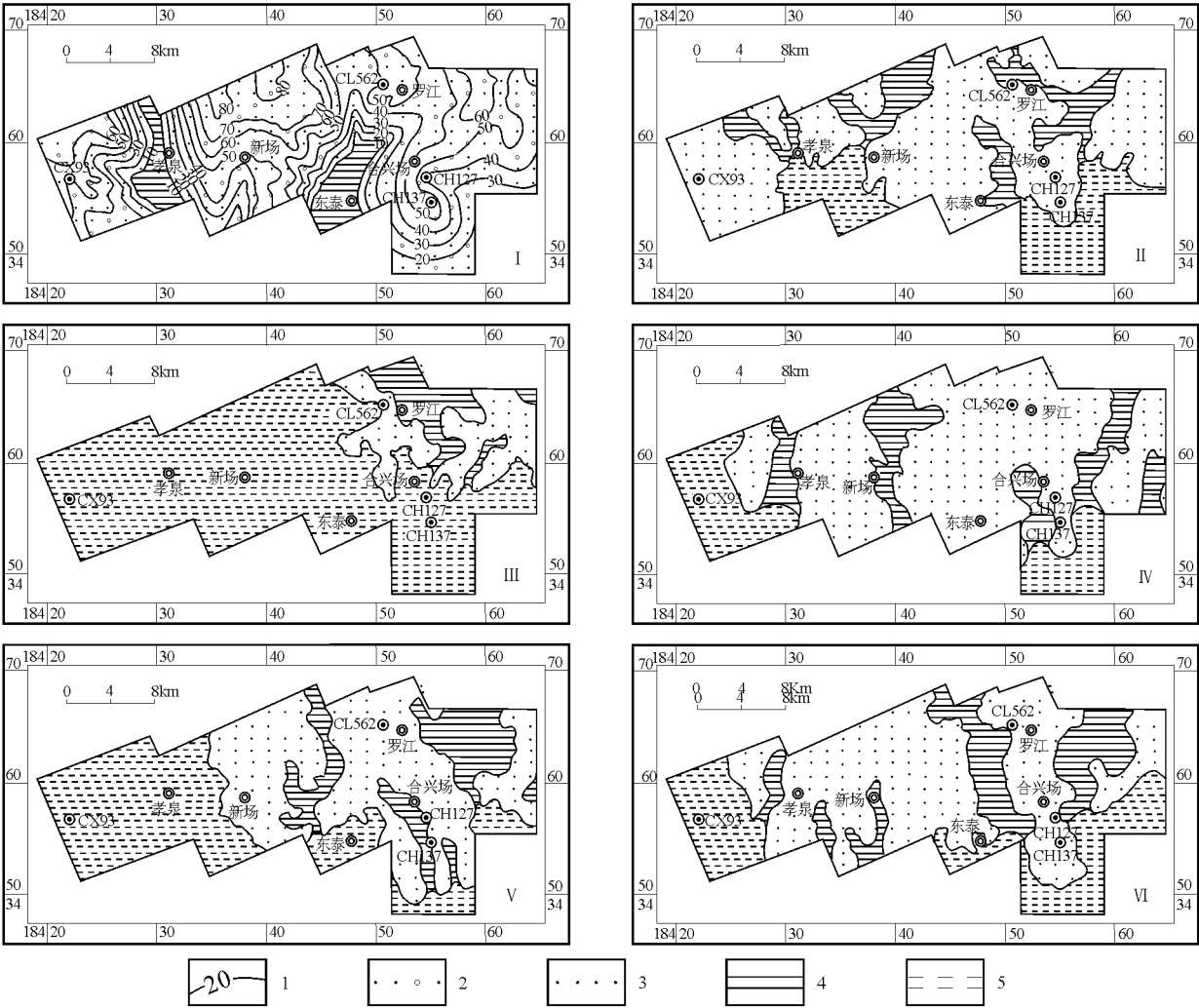


图6 川西坳陷孝泉—新场—合兴场地区各砂组沉积相图

1. 砂体等值线; 2. 水下辫状分流河道夹碎屑流沉积; 3. 水下辫状分流河道; 4. 分流间湾; 5. 前扇三角洲

Fig. 6 Sedimentary facies maps of individual sandstone sets in the Xiaoquan-Xinchang-Hexingchang zone, western Sichuan depression
1= sandstone isoline (m); 2= subaqueous braided distributary channel intercalated with debris flow deposits; 3= subaqueous braided distributary channel; 4= interdistributary bay; 5= pre-fan delta

积期, 基准面处于缓慢上升状态, 但以砾质为主的沉积物供给量远大于新生的可容纳空间, 可容纳空间不但完全被沉积物充填, 而且过剩的沉积物以主动进积的方式不断向湖盆方向推进, 除在孝泉西部和东泰附近的局部地区发育少量分流间湾沉积外, 研究区广泛发育含砾砂岩和中—粗粒岩屑砂岩的水下辫状分流河道间夹碎屑流沉积(图6-I)。I砂组沉积之后, 随着基准面上升速度加快, 湖水位不断上升, 研究区内沉积物供给不断减少, 一方面阻止了沉积作用向湖方向继续推进, 另一方面可容纳空间不断增大, 使得沉积作用由I砂组沉积时的主动进积转变为加积—弱退积, 主要发育被分流间湾强烈分割的水下辫状分流河道微相沉积, 相对I砂组, 其粒度不断变细, 砾石含量迅速减少。在孝泉—新场南部

和合兴场CH137井以南地区出现前扇三角洲的暗色泥岩沉积(图6-II)。

2. II砂组

II砂组发育于须四段长期旋回层序的湖侵体系域(图2)。从初始湖泛期到最大湖泛期, 基准面快速上升, 可容纳空间迅速增大, 而沉积物供给量却逐渐减少, 以致(远)小于不断增长的可容纳空间, 盆地逐渐进入半饥饿—饥饿状态。因此, 沉积作用以退积为主。相对于低位体系域I砂组和II砂组沉积, 研究区III砂组的沉积面貌发生了显著变化(图6-III), 由原来以扇三角洲前缘水下辫状分流河道间夹碎屑流沉积的细砾岩、含砾砂岩和中—粗粒岩屑砂岩组合为主, 渐变为以沉积前扇三角洲的黑色泥岩为主, 仅在罗江—合兴场一带沉积有较大

分布面积的水下辫状分流河道微相的中—细粒岩屑砂岩。

3. IV砂组和V砂组

IV砂组和V砂组发育于须四段长期旋回层序的早期高位系域(图2)。值得注意的是,基准面在高位体系域发育期并不呈直线下降,而是处于波状升降状态,由于基准面上升幅度始终小于下降幅度而总体表现为基准面的持续下降。IV砂组虽然发育于次一级的中期基准面缓慢上升期、可容纳空间稍有增大,但由于受沉积物供给不断增多并逐渐接近或略大于可容纳空间的变化总趋势影响,沉积作用由加积作用逐步进入到弱进积作用为主的状态。因此,相对于湖侵体系域的II砂组,IV砂组沉积面貌有较大改观,并以水下辫状分流河道向湖盆方向逐渐推进为显著特征,仅在CX94井以西和CH137井以南地区发育前扇三角洲亚相的黑色泥岩沉积(图6-IV)。

V砂组发育于早期高位系域次级的洪泛面位置,因此相对于IV砂组沉积期可容纳空间有所增加,沉积物供给量等于或略小于可容纳空间,沉积作用由弱进积重新回到加积和退积交替发育的状态,在新场、合兴场、罗江地区虽然仍以水下辫状分流河道为主,但河道的发育范围明显退缩(图6-V),而孝泉以及东泰以南地区又沦为前扇三角洲的黑色泥岩沉积区。

4. VI砂组

VI砂组发育于须四段长期旋回层序的晚期高位系域(图2)。受基准面快速下降的影响,不但没有新可容纳空间产生,而且原来所剩余的可容纳空间也不断减少,但沉积物供给不断增加,以致逐渐大于可容纳空间。因此,沉积作用再次进入以进积为主的状态,水下分流河道不断向湖盆方向推进。区内的前扇三角洲沉积区大部分被水下分流河道沉积超覆(图6-VI),岩性以中—粗粒岩屑砂岩、岩屑石英砂岩为主。

5 结 论

(1) 在区域地质和各种相标志研究基础上,确定孝泉—新场—合兴场地区上三叠统须家河组四段沉积为龙门山前缘安县—绵阳—德阳大型扇三角洲沉积体系前缘亚相的主体部位,砂体类型以水下辫状分流河道微相的(含砾)中—粗粒砂岩为主,间夹洪水期携入的碎屑流沉积的细砾岩。

(2) 以高分辨率层序地层学理论为指导思想,以

地震反射界面为约束条件,将须四段划分为1个长期、3个中期和18个短期基准面旋回层序。从较长期到较短期基准面旋回,依次将砂体纳入相应的时间尺度和层次的等时地层格架中,结合GR拟声波反演剖面在研究区内对砂体进行追踪对比,并依据砂体横向分布规律和GR拟声波地震反演的可预测性,将须四段砂体合并为6套砂组。

(3) 研究区内须四段6套砂组的分布特征与由基准面变化引起的可容纳空间与沉积物供给量比值密切相关:低位期基准面上升缓慢,但由于受“安县运动”影响,沉积物供给量远大于可容纳空间,沉积作用以主动进积为主,砂体不断向湖盆方向推进,其间发育的I和II砂组广泛发育,为最有利储层发育的层位;湖侵期基准面快速上升,沉积物供给量逐渐减少而(远)小于可容纳空间,沉积作用由进积逐渐转入加积和退积作用为主,其间发育的II砂组退缩在罗江一带,为不太有利储层发育的层位;高位期基准面由缓慢上升逐渐进入到快速下降,致使可容纳空间由缓慢增加突变为迅速减小,而沉积物供给逐渐增多,由略等于可容纳空间逐渐加大为(远)大于可容纳空间,沉积作用由弱进积和加积作用为主,迅速变为强烈进积,其间发育的IV、V、VI3套砂组在研究区内的发育面积依次加大,但仍始终小于低位体系域的砂体分布范围,其中以钙屑质中—粗粒岩屑砂岩为主的IV砂组,为非常有利储层发育的层位,应列为勘探开发的重点目标层。

参考文献:

- [1] 刘树根. 龙门山冲断带与川西前陆盆地的形成演化[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1993. 65—119.
- [2] 李勇, 曾允孚, 伊海生. 龙门山前陆盆地沉积及构造演化[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1995. 6—10, 20—23.
- [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. 89—138.
- [4] 汪泽成, 赵文智, 张林, 等. 四川盆地构造层序与天然气勘探[M]. 北京: 地质出版社, 2002. 76—110.
- [5] 高红灿, 郑荣才, 柯光明, 等. 川东北前陆盆地须家河组层序-岩相古地理特征[J]. 沉积与特提斯地质, 2005, 25(3): 38—45.
- [6] 四川盆地陆相中生代地层古生物编写组. 四川盆地陆相中生代地层古生物[M]. 成都: 四川人民出版社, 1984. 5—56.
- [7] 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991. 206—241.
- [8] 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学[J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(2): 89—97.
- [9] 邓宏文, 王红亮, 祝永军, 等. 高分辨率层序地层学——原理及应用[M]. 北京: 地质出版社, 2002. 3—24.

- [10] 郑荣才,尹世民,彭军. 基准面旋回结构与叠加样式的沉积动力学分析[J]. 沉积学报, 2000, 18(3): 369—375.
- [11] 郑荣才,彭军,吴朝容. 陆相盆地基准面旋回的级次划分和研究意义[J]. 沉积学报, 2001, 19(2): 249—255.
- [12] 王金琪. 安县构造运动[J]. 石油与天然气地质, 1990, 11(3): 223—234.
- [13] 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.
- [14] 李维峰,高振中,彭德堂,等. 库车坳陷早三叠世三角洲相及伴生沉积[J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(3): 216—221.
- [15] 冯增昭,等. 沉积岩石学(下册)[M]. 北京:石油工业出版社, 1993. 168—260.
- [16] 张明禄,郑荣才,达世攀,等. 砂体等时对比的高分辨率层序分析技术[J]. 矿物岩石, 2004, 24(1): 113—120.
- [17] 冯增昭. 单因素分析多因素综合作图法——定量岩相古地理重建[J]. 古地理学报, 2004, 6(1): 3—19.

Sedimentary facies and sandstone distribution in the 4th member of the Upper Triassic Xujiahe Formation, Deyang, Sichuan

GAO Hong-can¹, ZHENG Rong-cai¹, YE Tai-ran^{1, 2}, WEI Qin-lian¹

(1. *State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploration, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China*; 2. *Southern Branch, SINOPEC, Deyang 618000, Sichuan, China*)

Abstract: The fan delta depositional systems are developed in the 4th member of the Upper Triassic Xujiahe Formation in the Xiaoquan-Xinchang-Hexingchang zone, western Sichuan depression. The sandstone types consist dominantly of fan delta frontal subaqueous braided distributary channel (gravel-bearing) medium- to coarse-grained sandstone intercalated with debris flow conglomerates. The 4th member of the Upper Triassic Xujiahe Formation comprises one long-term, three medium-term and eighteen short-term base-level cyclic sequences grouping into six sets of sandstones. The distribution of individual sandstone sets are closely bound up with the ratios of sediment supply and accommodation spaces. The sediment input was much greater than the accommodation spaces due to the slow rise of the base levels during the deposition of the lowstand systems tract. The deposition occurred in the active progradational modes, and the sandstone bodies migrated towards the lake basin. The sediment supply was much smaller than the accommodation spaces due to the rapid rise of the base levels during the deposition of the transgressive systems tract. There were gradations from the progradation to the aggradation and retrogradation modes of deposition. Finally the sediment supply was also much greater than the accommodation spaces due to the rapid fall of the base levels during the deposition of the highstand systems tract. The deposition took place in forced progradation modes.

Key words: Deyang; Upper Triassic; Xujiahe Formation; sedimentary facies; Sichuan