

文章编号: 1009-3850(2012)02-0037-07

重庆北碚河西洞上三叠统须家河组 一段上部剖面沉积相分析

金民东, 刘小洪, 张金武, 杜紫乾, 丁英展, 舒云

(西南石油大学资源与环境学院, 四川 成都 610500)

摘要: 对重庆北碚上三叠统须家河组一段地层特征、岩性特征、沉积相及演化规律进行了系统研究。研究区须一段以灰色、褐灰色细砂岩及深灰色、灰黑色页岩、粉砂质泥(页)岩夹薄煤层为主,见炭化植物碎片及菱铁矿结核,砂岩类型主要为长石岩屑石英砂岩及长石岩屑砂岩,大型槽状交错层理、平行层理、水平层理及沙纹层理发育。综合分析认为研究区须一段属浅水三角洲沉积环境,包括三角洲平原、三角洲前缘和前三角洲3种亚相,可进一步划分出水上(水下)分支河道、沼泽、支流间湾、河口砂坝等沉积微相。其垂向序列反映了沉积环境三角洲平原-三角洲前缘-前三角洲-三角洲平原的演化过程。

关键词: 重庆北碚; 须家河组一段; 浅水三角洲; 沉积相

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

须家河组是四川盆地最具油气勘探潜力的层系之一,众多学者对须家河地层的物质来源、地层划分、沉积相、砂体展布规律、勘探潜力等进行了较为详细的研究^[1-5],认为四川盆地上三叠统须家河组除须一段局部发育海陆交互相沉积外,其余各段均属陆相沉积,主要发育冲积扇、河流、扇三角洲、河流三角洲和湖泊等沉积环境,相带展布和古地理演化均与区域构造运动密切相关^[3-4],盆地北部的米仓山-大巴山古陆、南部的黔中隆起和东南部的江南古陆为四川盆地须家河组稳定的主要物源区^[5]。重庆北碚地区上三叠统须家河组以其在纵向上的多旋回性,成为研究河流-三角洲相沉积的典型剖面。本次研究通过野外露头观察、地层剖面测量、露头取样及室内薄片鉴定、X衍射分析等研究手段,以河西洞须一段上部剖面为研究对象,对其进行系统沉积相研究。

1 地层特征

四川盆地位于上扬子准地台北部,西界为龙门山断褶带,北为米仓山隆起,东北边缘为大巴山断褶带,东南侧为鄂湘黔断褶带,南侧是峨眉山-凉山块断带,是扬子古板块上的一个多旋回沉积盆地^[6]。四川盆地可以划分为6个构造单元,即川西区、川北区、川中区、川西南区、川南区和川东区。重庆北碚地区处于扬子准地台四川台向斜川东南褶皱带川东高褶带西缘观音峡背斜上,背斜轴部一般出露三叠系及二叠系等地层,在北碚北东方向40km的溪口地区,由于华蓥山深大断裂的抬升作用,可以见到寒武系、奥陶系、志留系、石炭系、二叠系等古生代以及三叠系、侏罗系等中生代地层^[7]。

早、中三叠世时期,海水大面积入侵,四川广大地区成为浅水海洋,沉积环境主要为海相环境,广泛发育碳酸盐沉积和泥质沉积。中三叠世末,受“印支运动”的影响,海水退出。晚三叠世开始,地壳再度下沉接受沉积,广大东部地区地势较高未接受沉积。到须一段(又称小塘子组)沉积时,海侵规

收稿日期: 2011-08-26; 改回日期: 2011-09-09

作者简介: 金民东(1989-),男,现就读于西南石油大学2008级资源勘查工程专业。E-mail: ktdong1@163.com

资助项目: 本文为四川省教改项目“油气勘探类专业实践教学与实习基地数字化建设与实践”部分研究成果

模曾一度有所扩大,以海相碎屑岩为主夹部分陆相沉积,形成暗色泥页岩夹粉砂岩、细砂岩及少量煤层。后期海水后撤,盆地内部开始接受主要由厚层砂岩和泥页岩、粉砂岩夹煤层相间组成的须家河组沉积^[6-7]。

上三叠统须家河组是一套以砂泥岩为主的地层,与下伏中三叠统雷口坡组海相碳酸盐岩地层以侵蚀面呈假整合、与上覆侏罗系红层呈不整合-整合接触关系。按照川东地区须家河组地层划分方案须家河组可划分为须一、须二、须三、须四、须五和须六段^[1]。须一、须三、须五段沉积期,盆地周缘山系处于相对平静期,物源供给速率小,盆地以湖泊相沉积为主,泥、页岩相对发育,砂岩较少;须二、须四、须六段沉积期为构造活跃期,盆地周边物源区提供了大量沉积物,在盆地内缘沉积了较厚的砂岩^[2]。

重庆北碚地区须家河典型剖面位于代家沟河西洞小河沟边,露头完整,地层特征明显,易于观测。目的层须家河组一段上部岩性主要为灰色、褐灰色粉细砂岩及深灰色、灰黑色页岩、粉砂质页岩,夹薄煤层。此次野外实测共测地层18层(-1~16层),总厚度为57.1m,其中0、2、3、6、8、10、12、14、16层主要为砂岩,其它各层主要为泥、页岩。

2 沉积相分析

2.1 相标志

该剖面须一上段岩石类型多样,砂岩粒度偏细,泥、页岩所占比例较高,多具有向上变粗变厚的层序。砂岩颜色以灰色、褐灰色为主,泥、页岩颜色以灰黑色、深灰色为主,泥岩岩性不纯,含较多粉砂质沉积,总体上属陆相沉积。剖面上的泥质岩可分为两类:一类薄层状,成层性好,显示为低能较深水环境中形成(图1A);另一类泥质岩成层性较差,含较多的植物化石碎片(图1B),见根土岩(图1C),夹薄煤层及煤线,并常见菱铁矿结核(图1D),显示为浅水或水上沼泽环境沉积。

全岩X衍射分析结果显示,该区砂岩碎屑组分主要以石英为主,石英含量占总组分的38.0%~78.5%,平均60.5%,长石含量2.15%~22.72%,主要为长石岩屑石英砂岩及长石岩屑砂岩。镜下特征显示,碎屑颗粒磨圆度较好,多呈次棱角状,分选性中等-较好,杂基含量较低,表明沉积物经历了较长时间的搬运过程。

剖面上各类沉积构造极为发育:可见反映较强

水动力环境的大型槽状交错层理及冲刷面(图1E);反映弱水动力环境的水平层理、浪成沙纹层理等(图1F)。

2.2 沉积相类型

综合上述特征,结合前人研究成果,认为该区须家河组一段主要为浅水三角洲沉积环境(图2)。根据剖面中各小层沉积特征,可将其进一步划分为三角洲平原、三角洲前缘及前三角洲3个沉积亚相以及若干沉积微相类型^[8],其垂向序列反映了沉积环境由三角洲平原-三角洲前缘-前三角洲-三角洲平原的演化过程。

1. 三角洲平原亚相

三角洲平原亚相为三角洲沉积的陆上部分,其范围包括从河流大量分叉位置至海平面以上的广大河口区,是与河流有关的沉积体系在海滨区的延伸。岩性主要为砂岩、粉砂岩、泥岩(包括泥炭、褐煤等)。层理构造复杂,可见雨痕、干裂等层面构造。可进一步划分为分支河道、陆上天然堤、决口扇、沼泽、湖泊等微相。

分支河道微相以砂质沉积为主,粒度比邻近的微相稍粗,常发育板状、槽状交错层理,具不对称波痕及冲刷-充填构造,少见化石,最底部可见植物碎片。剖面中第0、2、12、14、16层岩层厚度较大,颗粒粒度较粗,向上变细、变薄,且发育槽状交错层理、板状交错层理以及冲刷面等能够反映较强的水动力环境的沉积构造,有的砂体明显呈透镜体状,故将其划分为三角洲平原分支河道微相。

陆上天然堤微相发育在分支河道两侧,沉积物变细,以细砂和粉砂沉积为主,泥质增多,常见上攀交错层理、波状层理,可见碳酸盐结核和根土岩。剖面中第3、4层主要为褐黄色粉砂岩、泥质粉砂岩薄互层,且第4层见典型的根土岩以及反映弱水动力环境的沙纹层理,另据其粒度较细,分选、磨圆中等,泥质含量较高,且发育于第2层分支河道上部等特征,将该层判定为天然堤微相。

沼泽微相位于三角洲平原分支河道间的低洼地区,以深色有机质粘土、泥炭、褐煤沉积为主,夹有洪水成因的纹层状粉砂岩。富含植物化石,并含有丰富的黄铁矿等自生矿物。剖面中-1、1、5、7、13、15层岩性均为颜色较深的碳质页岩、粉砂质泥(页)岩或劣质煤层,且见大量碳化植物碎片,因此将其划分为三角洲平原沼泽微相。

决口扇微相由洪水漫溢河床、冲破天然堤所致。粒度较天然堤稍粗,也是以细砂岩和粉砂岩沉

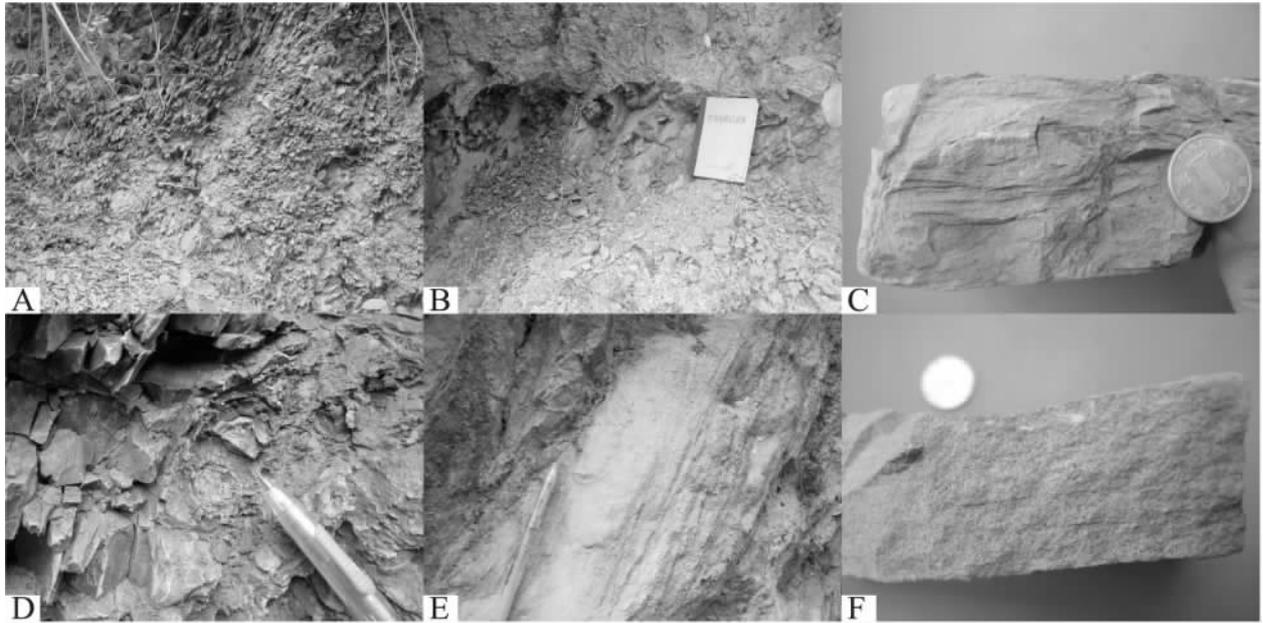


图1 重庆北碚须家河组第一段上部剖面野外露头及手标本照片

A. 深灰色页岩,成层性好,9层; B. 灰黑色碳质页岩,成层性差,疙瘩状,1层; C. 粉砂岩中见碳化植物根,植物根与层面近于垂直,为典型的根土岩,砂岩具沙纹层理,4层; D. 深灰色页岩中见菱铁矿结核,9层; E. 大型槽状交错层理,底部见冲刷面,12层; F. 粉砂岩中见碳化植物碎片,0层

Fig. 1 Pictures of the field outcrops and samples from the first member of the Upper Triassic Xujiahe Formation in Hexidong, Beibei, Chongqing

A. Well-bedded dark grey shale from No. 9 layer; B. Poorly-bedded and/or knotted greyish black carbonaceous shale from No. 1 layer; C. Carbonized plant roots in siltstone indicative of typical rhizoliths from No. 4 layer; D. Siderite nodules in dark grey shale from No. 9 layer; E. large-scale trough cross-bedding with the scour surface at the bottom from No. 12 layer; F. Carbonized plant remains in siltstone from zero layer.

积为主。粉细砂岩具有块状层理和小型交错层理,泥岩具有水平层理和块状层理。剖面中第3层天然堤微相沉积中具逆粒序的粉细砂岩夹层以及具有相同特征的第6层,均可将其划分为决口扇沉积。

2. 三角洲前缘亚相

三角洲前缘亚相位于三角洲平原外侧的内海方向,为河水和海水的剧烈交锋带,是三角洲沉积作用最为活跃的地带和三角洲砂体的主体,可进一步划分出水下分支河道、水下天然堤、支流间湾、河口砂坝、远砂坝、席状砂等6个沉积微相。

水下分支河道为陆上分支河道的水下延伸部分,沉积物以砂、粉砂为主,泥质极少。常发育交错层理、波状层理及冲刷-充填构造。剖面中第8层岩性为褐灰色中层状粉砂岩、细砂岩,顶部发育浪成沙纹层理,将其判定为水下分支河道微相。

水下天然堤是陆上天然堤的水下延伸部分,沉积物为极细的砂和粉砂。以流水形成的波状层理为主、局部出现流水与波浪共同作用形成的复杂交错层理。水下天然堤在剖面中与水下分支河道不

易区分。

支流间湾微相为水下分支河道间相对低洼的地区,与海相通,但水动力较弱。支流间湾以粘土沉积为主,含少量粉砂和细砂。砂质沉积多是洪水季节河床漫溢沉积的结果,常为粘土夹层或呈薄透镜状。支流间湾沉积具水平层理和透镜状层理,可见浪成波痕及生物介壳和植物残体等。第9层、第11层下部岩性为深灰色薄层状泥(页)岩,成层性好,有机质含量丰富,说明形成于氧化还原界面以下,为稳定湖区内沉积物,故将其划分为支流间湾微相。

分支河口砂坝微相位于水下分支河道的河口处,沉积速率较大。由于水流的反复冲刷淘选砂质较纯,而且分选性较好,主要为一些细砂和粉砂组成。可见槽状交错层理,局部可见水流或波浪成因的波痕。远砂坝微相位于河口砂坝前方较远的位置,沉积物较河口砂坝细,内部可见槽状交错层理,包卷层理,压扁层理等,垂向上一一般表现为位于河口砂坝之下。剖面中第10层具有下细上粗的反韵律,

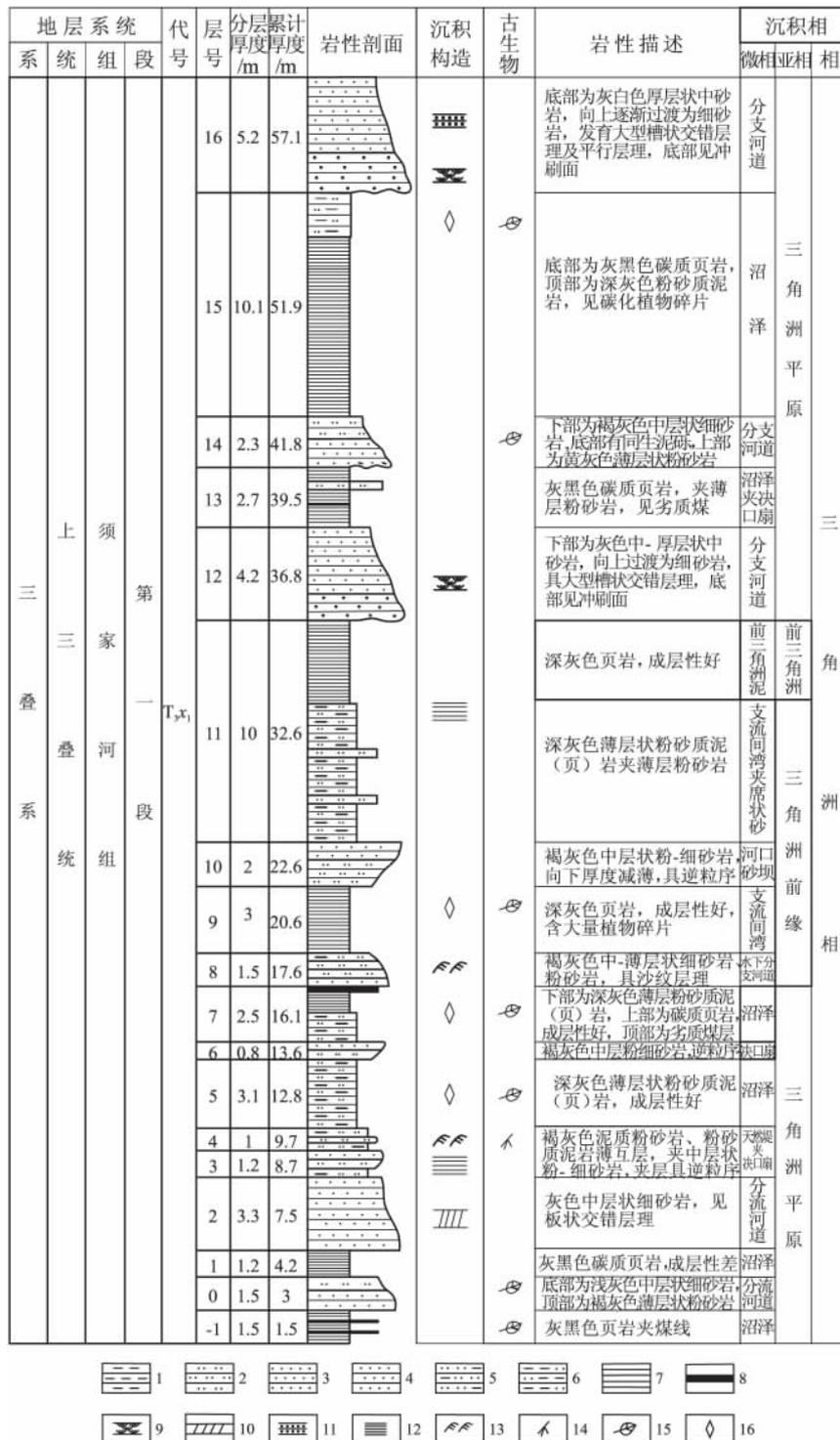


图2 研究区上三叠统须家河组一段上部剖面沉积相序图

1. 泥岩; 2. 粉砂岩; 3. 细砂岩; 4. 中砂岩; 5. 泥质粉砂岩; 6. 粉砂质泥岩; 7. 页岩; 8. 煤线; 9. 槽状交错层理; 10. 板状交错层理; 11. 平行层理; 12. 水平层理; 13. 沙纹层理; 14. 植物根; 15. 植物碎片; 16. 菱铁矿结核

Fig.2 Sedimentary facies sequences in the first member of the Upper Triassic Xujiache Formation in Hexidong, Beibei, Chongqing

1 = mudstone; 2 = siltstone; 3 = fine-grained sandstone; 4 = medium-grained sandstone; 5 = muddy siltstone; 6 = silty mudstone; 7 = shale; 8 = coal streak; 9 = trough cross-bedding; 10 = tabular cross-bedding; 11 = parallel bedding; 12 = horizontal bedding; 13 = ripple lamination; 14 = plant roots; 15 = plant remains; 16 = siderite nodule

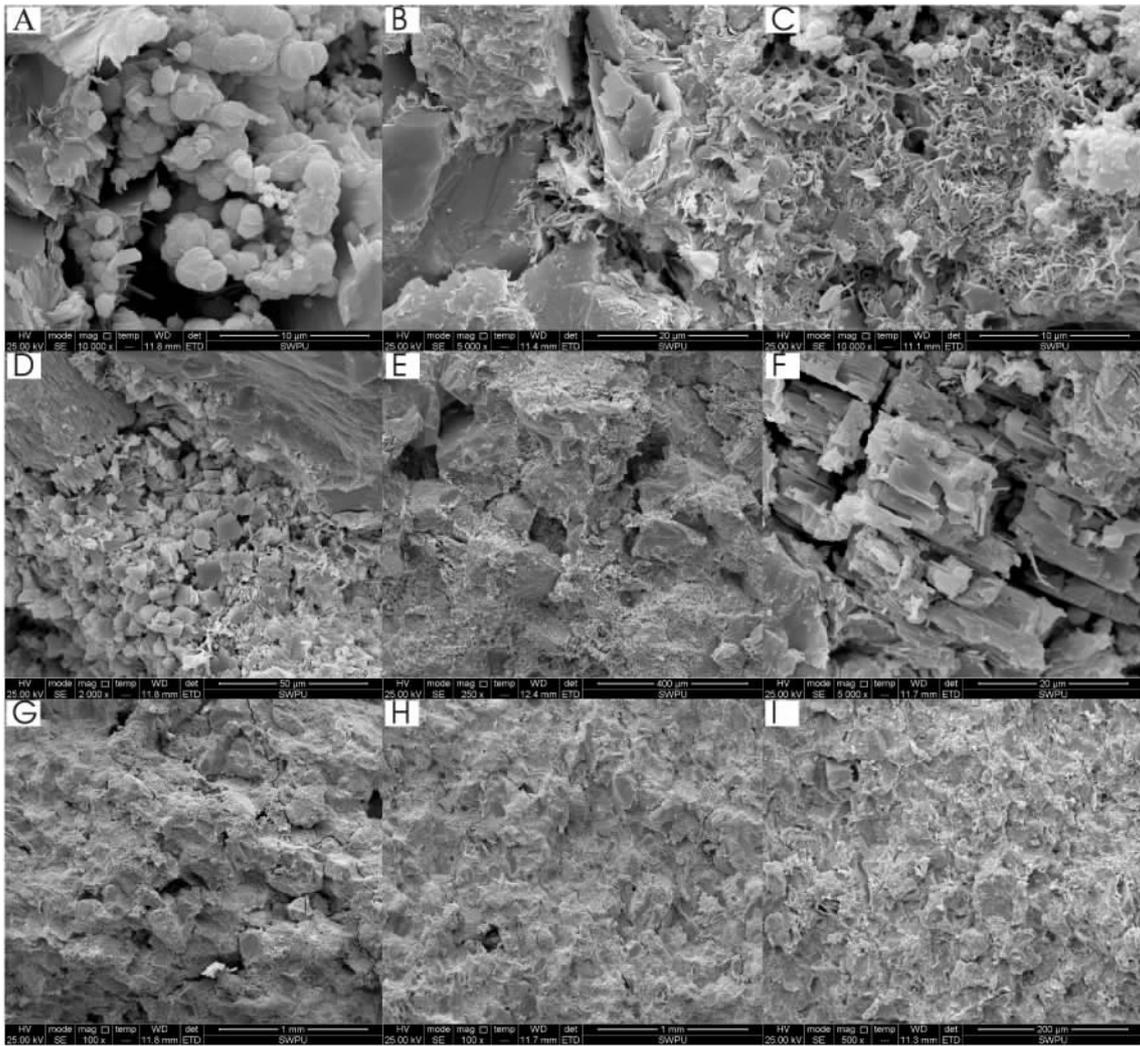


图3 重庆北碚须家河组第一段上部砂岩扫描电镜照片

A. 粒间充填绒球状绿泥石及片状伊利石 β 层 扫描电镜, ×10000; B. 粒间充填片状伊利石 α 层 扫描电镜, ×5000; C. 蜂窝状伊蒙混层 β 层 扫描电镜, ×10000; D. 粒间充填书页状高岭石 γ 层 扫描电镜, ×2000; E. 碎屑颗粒石英加大边发育, 见残余粒间孔及粒间溶孔 γ 层 扫描电镜, ×250; F. 长石沿解理缝发生溶蚀 β 层 扫描电镜, ×5000; G. 细砂岩, 发育粒间孔、粒间溶孔、高岭石晶间孔, 见微裂缝 γ 层 扫描电镜, ×100; H. 粉砂岩, 见少量次生溶孔 δ 层 扫描电镜, ×100; I. 泥质粉砂岩, 岩性致密, 几乎不见任何孔隙 α 层 扫描电镜, ×500

Fig.3 SEM microphotographs of the sandstones from the first member of the Upper Triassic Xujiahe Formation in Hexidong, Beibei, Chongqing

A. Fluffy chlorite and flake illite intergranular fillings from No. 3 layer, SEM, × 10 000; B. Flake illite intergranular fillings from No. 4 layer, SEM, × 5000; C. Honeycomb illite-montmorillonite beds from No. 8 layer, SEM, × 10 000; D. Book kaolinite intergranular fillings from No. 12 layer, SEM, × 2000; E. Quartz overgrowth of clastic grains with residual intergranular pores and intergranular solution openings from No. 12 layer, SEM, × 250; F. Dissolution of feldspar along cleavage cracks from No. 3 layer, SEM, × 5000; G. Fine-grained sandstone with intergranular pores and intergranular solution openings from No. 12 layer, SEM, × 100; H. Siltstone with secondary solution openings from zero layer, SEM, × 100; I. Densified muddy siltstone almost without any pores from No. 4 layer, SEM, × 500

上部岩性成分成熟度及结构成熟度高, 下部见较多的泥质组分 故将其划分为河口砂坝与远砂坝的过渡沉积。

前缘席状砂是河口砂坝受波浪流水淘洗和筛选, 并发生测向迁移形成的, 其砂质纯, 分选好, 沉

积构造包括交错层理, 沙纹层理及水平层理等, 生物化石稀少。剖面中第 11 层中部粉砂质泥岩中具水平层理的粉砂岩夹层, 可将其划分为席状砂沉积。

3. 前三角洲

前三角洲位于三角洲前缘的前方, 是河控三角

洲沉积最厚的地区。沉积物主要由暗色粘土和粉砂质粘土组成,可含少量细砂。常发育水平层理及块状层理,并常见广盐性的生物化石。前三角洲可划分为前三角洲泥微相,这一地带的沉积物是富含有机质的泥质物质,呈暗色,具细纹理。它是由河流搬来的最细粘土悬浮物质和胶体溶液在海(湖)底沉积而成的。剖面中第11层上部岩性以深灰色页岩为主,其厚度较大,可将其划分为前三角洲泥微相。

3 油气地质意义

显微镜下薄片鉴定及扫描电镜观察显示,研究区须家河剖面中砂岩粒度普遍偏细,结构成熟度和成分成熟度均较高,填隙物主要有绒球状绿泥石(图3A)、片状伊利石(图3B)、蜂窝状伊蒙混层(图3C)、书页状高岭石(图3D)及石英加大边(图3E),钙质含量较少(小于1%),主要发育原生粒间孔(图3E)、粒间溶孔(图3E)、粒内溶孔(图3F)以及高岭石晶间孔等,局部发育裂缝(图3G)。孔隙发育受沉积作用及成岩作用共同影响,其中分流河道、水下分流河道及河口坝沉积厚度大,主要为细砂岩,压实及胶结作用较弱,溶解作用较强,各类孔隙均较发育(图3G),具备一定的储集能力;决口扇、席状砂沉积厚度较薄,主要为粉砂岩,压实及胶结作用相对较强,溶解作用不易发生,主要发育少量残余粒间孔隙及次生溶孔(图3H),储集性能相对较差;天然堤沉积砂体较薄,泥质含量较高,主要为泥质粉砂岩,压实及胶结作用强,岩性致密,几乎不见任何孔隙,储集性能差(图3I)。沼泽、分流间湾及前三角洲泥质沉积有机质含量高,不具备储集能力,可作为良好的生油层或盖层。

4 结论

(1) 研究区须一上段岩性主要为灰色、褐灰色

粉-细砂岩及深灰色、灰黑色页岩、粉砂质泥(页)岩,夹薄煤层。多具有向上变粗变厚的层序,总体上属陆相沉积环境。

(2) 砂岩主要为长石岩屑石英砂岩及长石岩屑砂岩,碎屑颗粒磨圆度较好,多呈次棱角状,分选性中等-较好,杂基含量较低,表明沉积物经历了较长时间的搬运过程。

(3) 研究区反映较强水动力环境的大型槽状交错层理及弱冲刷面,以及反映弱水动力环境的水平层理、浪成沙纹层理等均较发育。

(4) 本区须一沉积期主要为浅水三角洲沉积环境,可进一步划分为三角洲平原、三角洲前缘及前三角洲3种沉积亚相以及若干沉积微相类型,其垂向序列反映了沉积环境由三角洲平原-三角洲前缘-前三角洲-三角洲平原的演化过程。

参考文献:

- [1] 郑荣才,李国晖,雷光明,等.四川盆地须家河组层序分析与地层对比[J].天然气工业,2011,31(6):1-9.
- [2] 黄洁,朱如凯,侯读杰,等.沉积环境和层序地层对次生孔隙发育的影响——以川中地区须家河组碎屑岩储集层为例[J].石油勘探与开发,2010,37(2):158-166.
- [3] 朱如凯,赵霞,刘柳红,等.四川盆地须家河组沉积体系与有利储集层分布[J].石油勘探与开发,2009,36(1):46-55.
- [4] 付冠,张良华,袁志华,等.四川盆地上三叠统须家河组沉积环境分析[J].重庆科技学院学报(自然科学版),2010,12(6):17-21.
- [5] 罗冰.四川盆地须家河组沉积概念模式及砂体预测[D].西南石油大学博士学位论文,2011.
- [6] 王宓君主编.中国石油地质志(卷十)四川油气区[M].北京:石油工业出版社,1989.
- [7] 廖太平,胡明主编.重庆天府地区地质考察指南[M].北京:石油工业出版社,2008.
- [8] 朱筱敏主编.沉积岩石学(第四版)[M].北京:石油工业出版社,2008.

Sedimentary facies in the first member of the Upper Triassic Xujiahe Formation in Hexidong , Beibei , Chongqing

JIN Min-dong , LIU Xiao-hong , ZHANG Jin-wu , DU Zi-qian , DING Ying-zhan , SHU Yun
(*College of Resources and Environments , Southwest Petroleum University , Chengdu 610500 , Sichuan , China*)

Abstract: The present paper deals , in detail , with the stratigraphy , lithology , sedimentary facies and evolution in the first member of the Upper Triassic Xujiahe Formation in Hexidong , Beibei , Chongqing in the light of field outcrop observation , typical profile measurement , sample collection and laboratory analysis. The lithology in the first member of the Xujiahe Formation consists of grey and brownish grey fine-grained sandstone and dark grey , grayish black shale and silty mudstone intercalated with thin coal seams in which carbonized plant remains and siderite nodules are observed. The sandstones are composed of feldspathic lithic quartz sandstone and feldspathic litharenite with large-scale trough cross-bedding , parallel bedding , horizontal bedding , and ripple lamination. The first member of the Xujiahe Formation is interpreted to be deposited in the shallow-water delta environment including the sedimentary subfacies such as the delta plain , delta front and prodelta subfacies , and the sedimentary microfacies such as the distributary channel , swamp , interdistributary bay and channel mouth bar microfacies. The vertical sequences indicate the evolution of sedimentary environments from the delta plain through the delta front to the prodelta and finally to the delta plain.

Key words: Beibei in Chongqing; first member of the Xujiahe Formation; shallow-water delta; sedimentary facies