

川西坳陷中段中侏罗统上沙溪庙组层序岩相古地理及砂体展布特征

李国新^{1,2,3} 徐胜林^{1,2} 陈洪德^{1,2} 时志强² 高山⁴

(1. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学), 四川 成都 610059;
2. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川 成都 610059; 3. 四川省核工业地质局 283 大队, 四川 达州 635000;
4. 中国石油东方地球物理公司辽河分公司, 辽宁 盘锦 124010)

摘要: 为了更为精细地刻画川西坳陷中段中侏罗统上沙溪庙组的古地理和砂体展布特征, 笔者以高分辨率层序地层学理论为指导, 建立了研究区上沙溪庙组高分辨率层序地层学划分方案, 并进行了高分辨率层序地层格架的搭建。在此基础上以中期旋回层序为编图单元, 进行了系统的古地理和砂体展布特征研究。发现川西坳陷中段中侏罗统上沙溪庙组可以划分为 1 个长期和 4 个中期(M1, M2, M3, M4)沉积期。M1 和 M2 沉积期, 研究区以发育曲流河三角洲—湖泊沉积体系为特征; M3 和 M4 沉积期, 研究区转变为以发育冲积扇—冲积平原—辫状河三角洲—湖泊沉积体系为特征, 砂体的展布主要分布于两个地区: 大邑—温江地区和中江地区, 前者砂体主要发育于 M1, M3, M4 3 个中期旋回, 后者砂体主要发育于 M1, M2, M3 3 个中期旋回。

关键词: 层序岩相古地理; 砂体展布; 上沙溪庙组; 川西坳陷中段

中图分类号: P534.52; P531 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2012)01-0096-10

四川盆地是中国重要的含油气盆地, 海相地层和陆相地层中皆有气田产出^[1-10]。中侏罗统上沙溪庙组是四川盆地陆相地层中砂岩较为发育的一套岩层, 多年来的勘探业已证实该套地层具有十分重要的勘探地位和光明的勘探前景。盆地陆相地层已有勘探成果充分揭示, 三角洲砂体是盆地最佳的碎屑岩油气富集体^[11-12], 等时层序格架内进行岩相古地理和有利储集体研究业已证明是较为有效的研究方法, 也是进行后续的油气勘探的基础^[8, 10, 13-16]。本文以高分辨率层序地层学理论为指导思想, 根据钻井岩心、野外剖面、测井资料和地震资料, 进行川西坳陷中段中侏罗统上沙溪庙组的高分辨率层序地层学分析, 在此基础上进行层序岩相古地理图编制, 揭示沉积体系和三角洲砂体的展布规律, 为川西坳陷中段中侏罗统上沙溪庙组的油气勘探提供资料。

1 地质概况

川西坳陷中段西南缘以龙门山造山带为界, 北缘至绵阳, 南缘至简阳—邛崃一线, 东缘以回龙场构造为边界。发生于晚三叠世须家河组须三段至须四段之间的安县构造运动, 导致了四川盆地的沉积环境完成了由海相盆地到陆相湖盆的转变, 中侏罗统上沙溪庙组沉积期盆地主要发育冲积扇、河流、三角洲、湖泊沉积体系、三角洲为砂体发育的主要沉积体系类型^[17]。

2 高分辨率层序地层划分与对比

高分辨率层序地层学理论自从 T.A.Cross 提出之后, 在国内外的研究中得到了充分的展示^[13-16, 18-27]。其关键在于研究基准面旋回变化过程中, 可容纳空间

收稿日期: 2011-07-01; 改回日期: 2011-12-05

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40739901)资助。

作者简介: 李国新, 男, 1974 年生, 博士生, 主要从事层序地层学与含油气盆地分析; E-mail: ghlx_2@sohu.com。

通讯作者: 徐胜林, 男, 1981 年生, 博士, 讲师, 主要从事沉积学的教学与研究工作; E-mail: xusheng218@163.com。

与沉积物补给通量的变化导致的相同沉积体系域或相域的沉积物的一系列变化特征,如保存程度、堆积样式等,从而为后续的古地理演化特征,砂体展布特征的揭示奠定基础^[2]。前人研究过程中,通过对不同级次的基准面旋回的分析,认为可以划分为 6 个级别的基准面旋回,分别是巨旋回、超长期、长期、中期、短期和超短期。本次研究过程中通过研究区中侏罗统上沙溪庙组野外露头、钻井剖面、测井、地震资料的综合分析,并结合基准面旋回识别的依据^[21-23],认为上沙溪庙组基准面旋回可以归结为 3 个级别的基准面旋回(长期、中期和短期),并进一步对川西坳陷中段上沙溪庙组进行了高分辨率层序地层划分,认为可以划分为 1 个长期(L1),4 个中期(M1,M2,M3,M4)和若干个短期沉积期(图 1),其中长期和中期基准面旋回层序在研究区可以较好地对比(图 2)。

3 岩相古地理特征

等时对比和编制地质体沉积或形成时情况相当的等时图件是编制岩相古地理图件的基本要求,在这方面地质学家经过了长期的努力,编制了一系列的古地理图件,为科研与生产所采用,近年来的研究成果揭示,采用不同级别层序及其体系域为编图单元进行相关的岩相古地理研究是较为行之有效的^[9],而以高分辨率层序分析为指导核心的层序-岩相古地理编图技术,在达成古地理图的等时对比和砂体的预测方面都显示了较好的生命力。为了深入研究川西坳陷中段中侏罗统上沙溪庙组砂体的展布特征,在高分辨率层序地层学划分并结合联井层序对比分析的基础上,选择中期旋回层序为编图单元(图 2),进行川西坳陷中侏罗统上沙溪庙组沉积相平面分布特征和砂体展布研究。

3.1 M1(上沙溪庙组一段)期岩相古地理特征及砂体展布

中侏罗统上沙溪庙组一段(M1)沉积期,自早侏罗世自流井期—中侏罗世下沙溪庙期广泛发育的冲积扇沉积体系急剧萎缩,研究区主体以发育曲流河三角洲沉积为特征;湖泊沉积环境发育于新津—龙泉地区(图 3)。

湖岸线向龙门山造山带方向迁移,至平落 4 井—大邑 1 井—川隐 603 井—川孝 136 井—川罗 562 井—川丰 175 井一线。富泥岩沉积的泛滥平原环境或者水下分流间湾环境在本期同样不发育,仅

局限于川绵 39 地区和大邑—新津—邛崃地区。

曲流河三角洲平原河道砂体,曲流河三角洲前缘水下分流河道及河口砂坝广泛发育,构成了本期的主要沉积特点,其中大邑—双流—郫县—成都地区都有大规模的河口砂坝沉积,金堂—新都—德阳地区为较好的水下分流河道沉积,中江地区发育小规模水下分流间湾。

3.2 M2(上沙溪庙组二段)期岩相古地理特征及砂体展布

中侏罗统上沙溪庙组二段(M2)沉积期,冲积扇沉积体系本期仍不发育,以发育曲流河三角洲—滨浅湖沉积体系为特征(图 4)。

湖岸线与上期相比较,在研究区的西北区域表现为向龙门山造山带推移,在研究区的西南区域则表现为向湖泊中心推移,S 型变化的特点。湖岸线基本上位平西 2 井—大邑—川昌 606—川鸭 92 井—川马 39 井—川玉 35 井—川丰 175 井一线。

绵阳—都江堰等地区表现为曲流河三角洲平原沉积,邛崃—大邑—温江—郫县—成都—新都—德阳等地区表现为曲流河三角洲前缘沉积,新津等地则过渡为湖泊沉积为主,同时本期湖泊沉积环境中侏罗统上沙溪庙组一段沉积期更发育。

曲流河三角洲平原分流河道较为发育,曲流河三角洲前缘水下分流河道发育规模相对较小。

3.3 M3(上沙溪庙组三段)期岩相古地理特征及砂体展布

中侏罗统上沙溪庙组三段(M3)沉积期,M1 和 M2 沉积期不发育的冲积扇沉积体系再次发育,主要位于都江堰—彭州关口地区,规模相对较小(图 5)。

进入湖盆,依次发育冲积平原沉积,辫状河三角洲沉积和湖泊沉积。其中辫状河三角洲沉积主要发育于研究区西南缘,西北缘,东北部不再发育。整体上看,本期主要发育 3 个较大型的三角洲体系,其前缘朵体依次位于温江—双流—新津地区、新都—金堂地区和中江地区,同时西南部见一小型的三角洲发育,主要位于邛崃火井—平西 2 井区域。

相较于上一时期,本期三角洲沉积体系发育规模显著变小,湖泊沉积体系则扩大了其影响范围,同时从砂岩+砾岩厚度等值线图来看,本期砂岩厚度分布特征与上沙溪庙组二段沉积期基本相似,可能表明本期研究区西缘的龙门山造山带构造隆升活动开始,造成了山前较深的前渊,为沉积物提供了巨大

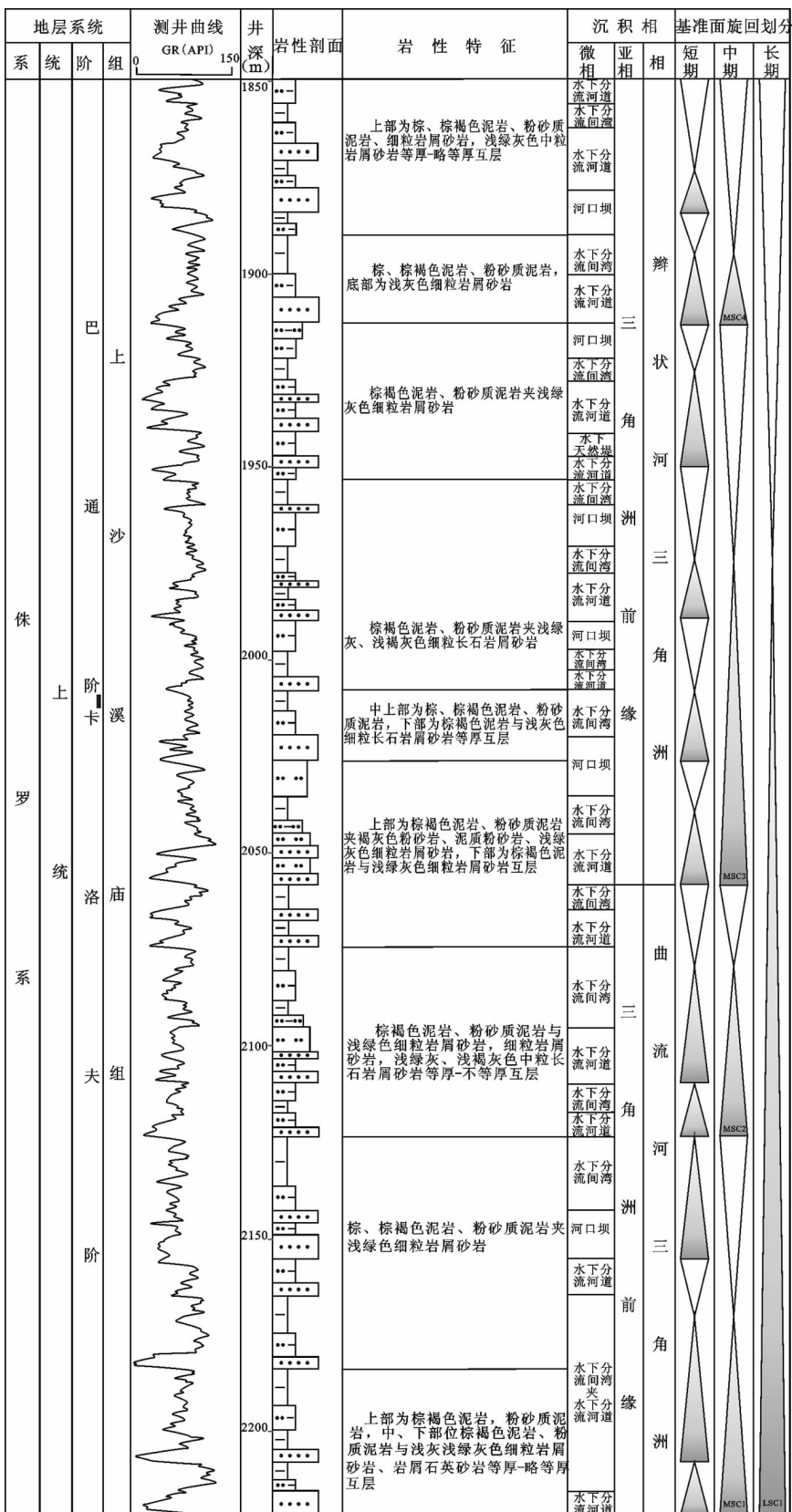


图 1 川西坳陷中段中侏罗统上沙溪庙组沉积相及层序格架地层综合柱状图(图例参见图 2)

Fig.1 Facies and sequence stratigraphy of Upper Shaximiao Formation in the middle segment of western Sichuan depression

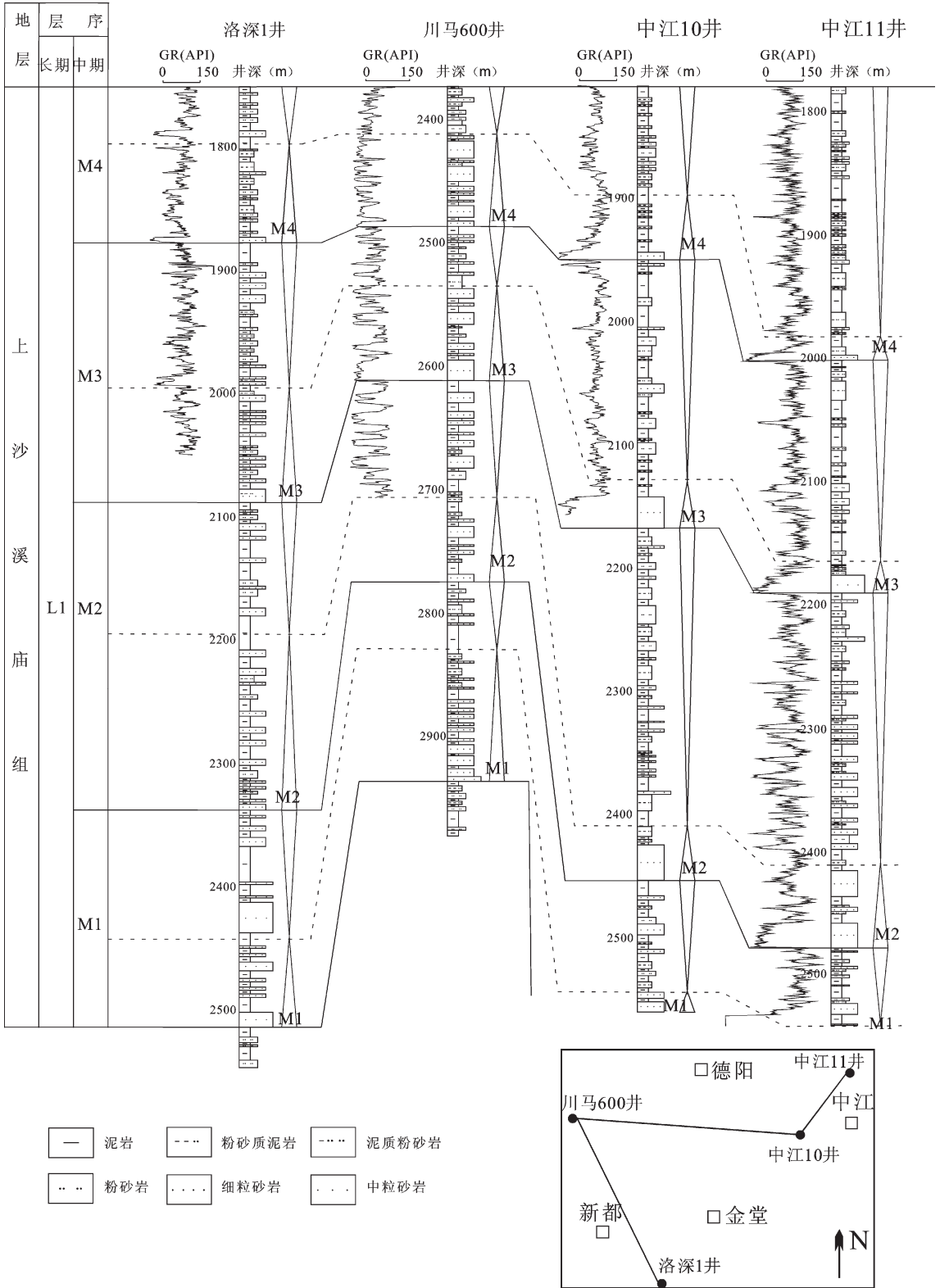


图 2 川西坳陷中段中侏罗统上沙溪庙组层序格架及充填样式

Fig.2 Sequence stratigraphic framework and filling pattern of Upper Shaximiao Formation in the middle segment of western Sichuan depression

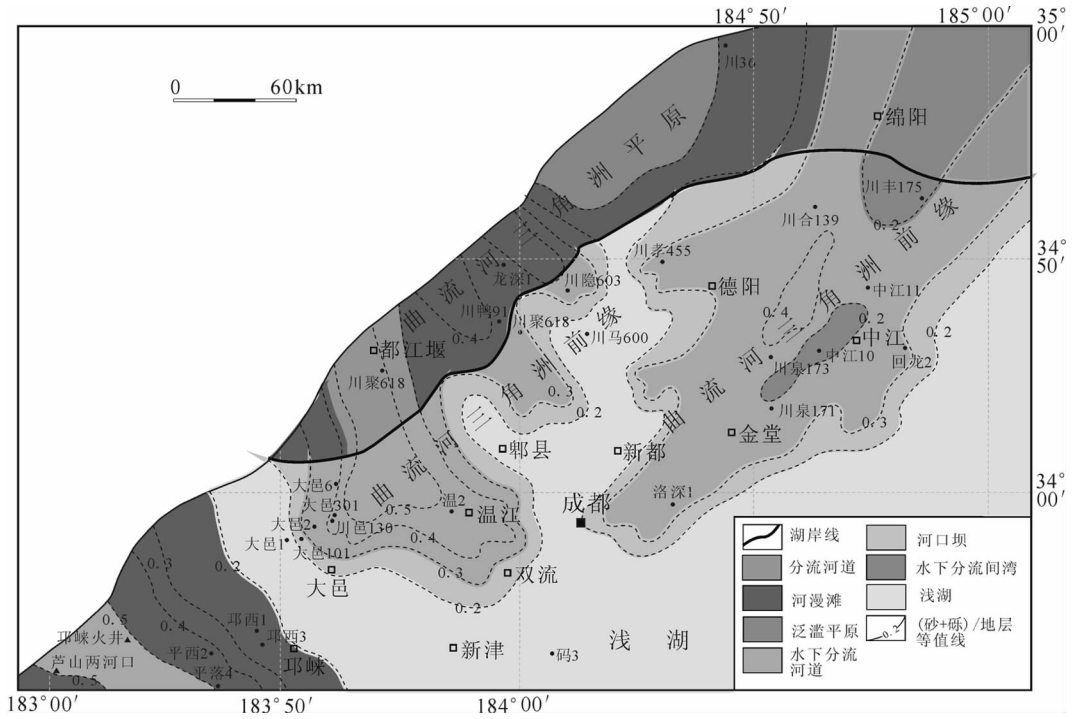


图3 川西凹陷中段中侏罗统上沙溪庙组 M1 层序岩相古地理图

Fig.3 Lithofacies and paleogeography within M1 of Upper Shaximiao Formation in the middle segment of western Sichuan depression

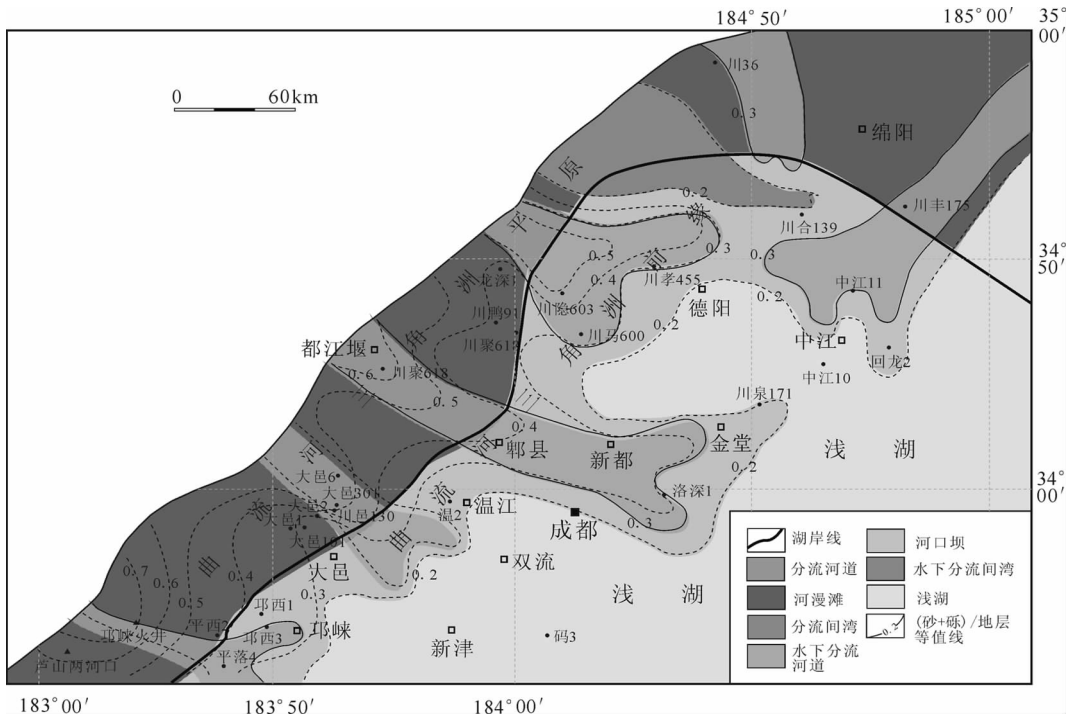


图4 川西前陆盆地中侏罗统上沙溪庙组 M2 层序岩相古地理图

Fig.4 Lithofacies and paleogeography within M2 of Upper Shaximiao Formation in the middle segment of western Sichuan depression

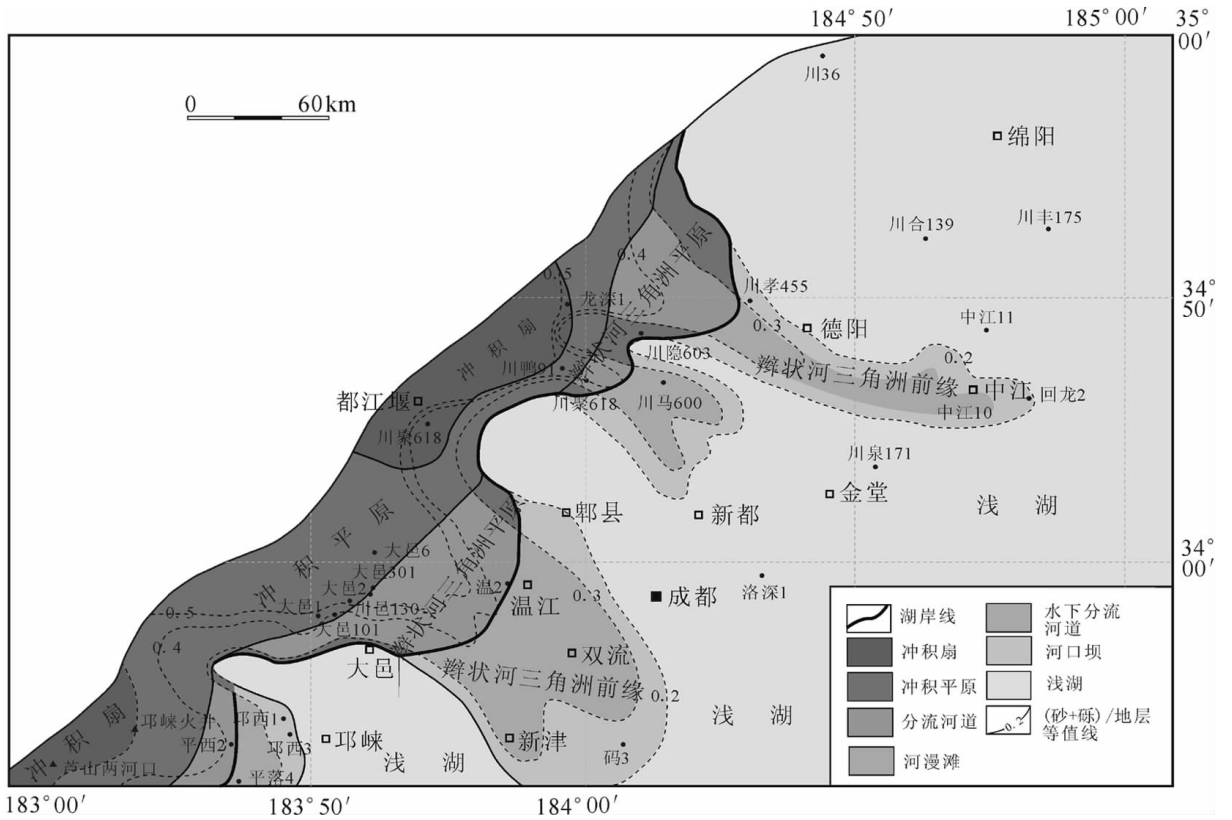


图 5 川西前陆盆地中侏罗统上沙溪庙组 M3 层序岩相古地理图

Fig.5 Lithofacies and paleogeography within M3 of Upper Shaximiao Formation in the middle segment of western Sichuan depression

的可容纳空间,从而抑制了三角洲的砂体分布,从而未发生满盆皆砂的沉积特点,在前人的相关研究成果,即层序地层体系发育模式所揭示的规律是比较吻合的。

3.4 M4(上沙溪庙组四段)期岩相古地理特征及砂体展布

中侏罗统上沙溪庙组四段(M4)沉积期,随着构造活动的进一步加剧,冲积扇群在龙门山前缘的邛崃火井地区再次重现,与都江堰冲积扇群构成了 2 个小型的冲积扇体系(图 6)。

进入湖盆,如上一时期,依次发育冲积平原沉积,辫状河三角洲沉积和湖泊沉积。本期辫状河三角洲沉积体系发育规模进一步变小,但是区域上三角洲砂体连续性较好,泥岩、粉砂岩发育的辫状河三角洲平原泛滥平原或者辫状河三角洲前缘水下分流间湾不发育。三角洲沉积体系的影响区域限于新津—双流—新都—德阳以西,以东区域为湖泊沉积。

4 层序岩相古地理演化及有利区块预测

中侏罗统上沙溪庙组,川西坳陷中段发育了 4 个中期层序。M1 沉积期,受中侏罗统下沙溪庙组沉积期的填平补齐和盆地西缘龙门山造山带构造运动趋缓的双重控制作用,川西坳陷中段地区主要以发育曲流河三角洲—湖泊沉积体系为主要特征,且三角洲砂体的物质来源表现为多物源的特点,这一时期的有利勘探区块具有两个区域,中江—金堂地区和温江—大邑地区的三角洲前缘的分流河道砂体和河口坝砂体。M2 沉积期,川西坳陷中段的沉积体系发育类型仍以曲流河三角洲和湖泊为主,储集砂体主要发育与曲流河三角洲沉积体系,受物源供给的影响,M1 沉积期中江—金堂地区成片的曲流河三角洲前缘砂体被分割为两个区域,温江—大邑地区储集砂体急剧萎缩。M3 至 M4 沉积期,川西坳陷中

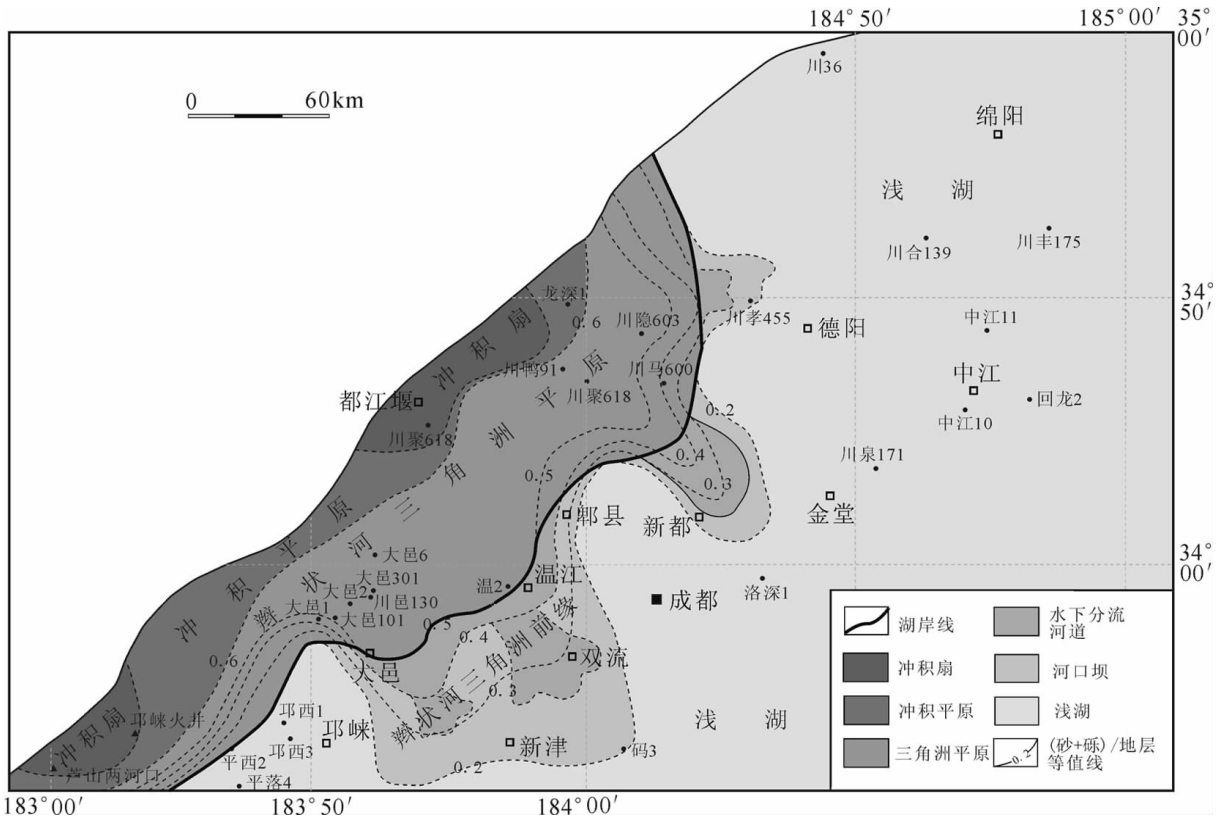


图6 川西前陆盆地中侏罗统上沙溪庙组M4层序岩相古地理图

Fig.6 Lithofacies and paleogeography within M4 of Upper Shaximiao Formation in the middle segment of western Sichuan depression

段的沉积体系类型发生了较大的变化,由M1、M2沉积期的曲流河三角洲—湖泊沉积体系转变为冲积扇—辫状河三角洲—湖泊沉积体系。同时来自盆地西北部的碎屑物质不再注入研究区域,川西坳陷中段的沉积物质主要来自于西缘的龙门山造山带。M3沉积期的有利勘探区块以大邑—温江地区为主,其砂体发育规模较大,以辫状河三角洲平原—辫状河三角洲前缘河道砂体为主,河口坝发育;中江地区次之,其砂体发育垂直于龙门山造山带,长条形,主要为辫状河三角洲前缘砂体。M4沉积期有利勘探区块主要位于大邑—温江地区,中江地区不再发育。

综合图2~5,川西坳陷中段中侏罗世上沙溪庙组沉积期,研究区沉积环境由M1、M2的曲流河三角洲—湖泊转变为M3、M4的冲积扇—冲积平原—辫状河三角洲—湖泊沉积体系,物质来源同样由M1、M2沉积期西部的龙门山造山带和北部的造山带供给转变为M3、M4的以西部龙门山造山带供给为特征。同时在上沙溪庙组沉积期,主要的有利勘探

区块为两个区域,大邑—温江地区和中江地区,其中前者在M1、M3、M4沉积期较为发育,后者在M1、M2、M3沉积期较为发育。

5 结论

1)川西坳陷中侏罗统上沙溪庙组可以划分为1个长期层序,4个中期层序(M1~M4),各自皆表现出区域对比良好的特征。

2)选择中期旋回层序为等时编图单元编制川西坳陷中侏罗统上沙溪庙组层序—岩相古地理图,结果表明,M1~M2,川西坳陷中段发育的沉积体系类型为曲流河三角洲和湖泊2种类型;M3~M4,川西坳陷中段发育的沉积体系类型转变为冲积扇、冲积平原、辫状河三角洲、湖泊4种类型。

3)川西坳陷上沙溪庙组沉积期,有利勘探区块主要为大邑—温江地区和中江地区,前者砂体主要发育于M1、M3和M4这3个中期旋回,后者砂体主要发育于M1、M2和M3这3个中期旋回,储集

砂体类型皆为三角洲的河道和河口坝砂体。

参考文献 (References):

- [1] 杨威, 魏国齐, 金惠, 等. 川东北飞仙关组鲕滩储层成岩作用和孔隙演化[J]. 中国地质, 2007, 34(5): 822-828.
Yang Wei, Wei Guoqi, Jin Hui, et al. Diagenesis and pore evolution of the oolitic shoal reservoir in the Feixianguan Formation in northeastern Sichuan [J]. *Geology in China*, 2007, 34 (5):815-821 (in Chinese with English abstract).
- [2] 李登华, 李伟, 汪泽成, 等. 川中广安气田天然气成因类型及气源分析[J]. 中国地质, 2007, 34(5):829-836.
Li Denghua, Li Wei, Wang Zecheng, et al. Genetic type and source of gas in the Guang'an gasfield, central Sichuan [J]. *Geology in China*, 2007, 34(5):829-836 (in Chinese with English abstract).
- [3] 徐胜林, 陈洪德, 林良彪, 等. 川东南地区飞仙关组层序岩相古地理特征[J]. 中国地质, 2009, 26(5):1055-1064.
Xu Shenglin, Chen Hongde, Lin Liangbiao, et al. Sequence-based lithofacies and paleogeography of Lower Triassic Feixianguan Formation in southeastern Sichuan Basin [J]. *Geology in China*, 2009, 26(5):1055-1064 (in Chinese with English abstract).
- [4] 马永生, 郭彤楼, 赵雪凤, 等. 普光气田深部优质白云岩储层形成机制[J]. 中国科学(D辑), 2007, 37(A02):43-52.
Ma Yongsheng, Guo Tonglou, Zhao Xuefeng, et al. Dolomite Reservoirs' generation mechanism of Puguang Gas Field in Sichuan Basin [J]. *Science in China (Series D: Earth Sciences)*, 2007, 37(A02): 43-52 (in Chinese).
- [5] 郑荣才, 李德敏, 张梢楠. 川东黄龙组天然气储层的层序地层学研究[J]. 沉积学报, 1995, 13(A01):1-9.
Zheng Rongcai, Li Demin, Zhang Shaonan. A study on sequence stratigraphy of the Huanglong Formation, Upper Carboniferous in eastern Sichuan [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1995, 13(A01):1-9 (in Chinese with English abstract).
- [6] 马永生, 牟传龙, 郭彤楼, 等. 四川盆地东北部飞仙关组层序地层与储层分布[J]. 矿物岩石, 2005, 25(4):73-79.
Ma Yongsheng, Mu Chuanlong, Guo Tonglou, et al. Sequence stratigraphy and reservoir distribution of Feixianguan Formation in northeastern Sichuan [J]. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 2005, 25(4):73-79 (in Chinese with English abstract).
- [7] 叶泰然, 郑荣才. 川西坳陷须二段层序地层特征及储层预测[J]. 天然气工业, 2004, 24(11):45-48.
Ye Tairan, Zheng Rongcai. Sequence stratigraphic characteristics and reservoir prediction of T₃x₂ in west Sichuan Depression. [J]. *Natural Gas Industry*, 2004, 24(11):45-48 (in Chinese with English abstract).
- [8] 赵艳, 吴胜和, 徐樟有, 等. 川西新场气田上三叠统须家河组二段致密砂岩优质储层控制因素 [J]. 中国石油大学学报 (自然科学版), 2010, 34(4):1-6.
Zhao Yan, Wu Shenghe, Xu Zhangyou, et al. Control factors of compacted high-quality sandstone reservoirs of member 2 of Xujiahe formation, upper Triassic in Xinchang gas field of Western Sichuan depression [J]. *Journal of China University of Petroleum*, 2010, 34(4):1-6 (in Chinese with English abstract).
- [9] 谢林, 王兴志, 张帆, 等. 四川盆地文井—明月地区大安寨段储层研究[J]. 中国地质, 2010, 37(5):1393-1398.
Xie Lin, Wang Xingzhi, Zhang Fan, et al. A study of the reservoir of Da'sanzhai Member in Wenjing-Mingyue area of Sichuan Basin [J]. *Geology in China*, 2010, 37 (5):1393-1398 (in Chinese with English abstract).
- [10] 季丽丹, 贾爱林, 何东博, 等. 川中广安地区上三叠统须六段储层特征及控制因素分析[J]. 现代地质, 2009, 23(6):1100-1106.
Ji Lidan, Jia Ailin, He Dongbo, et al. Analysis on controlling factors and characteristic of Xu-6 sandstone reservoir (Upper Triassic) in Guang'an region, Central Sichuan Basin [J]. *Geoscience*, 2009, 23 (6):1100-1106 (in Chinese with English abstract).
- [11] 陈安清, 陈洪德, 向芳, 等. 鄂尔多斯盆地东北部山西组—上石盒子组三角洲沉积及演化[J]. 地层学杂志, 2010, 34(1):97-105.
Chen Anqing, Chen Hongde, Xiangfan, et al. Delta deposits in the Shanxi and Shangshihezi Formations in the northeastern Ordos basin [J]. *Journal of Stratigraphy*, 2010, 34(1):97-105 (in Chinese with English abstract).
- [12] 陈安清, 陈洪德, 向芳, 等. 鄂尔多斯东北部山西组—上石盒子组砂岩特征及物源分析 [J]. 成都理工大学学报 (自然科学版), 2007, 34(3):305-311.
Chen Anqing, Chen Hongde, Xiang Fang, et al. Sandstone characteristic and provenance antalysis of the Permian Shanxi Formation Shangshihezi Formation in northeast of Ordos Basin, China [J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 2007, 34 (3):305-311 (in Chinese with English abstract).
- [13] 赵永刚, 陈景山, 雷卞军, 等. 川西邛崃县白马庙气田上侏罗统蓬莱镇组高分辨率层序地层分析 [J]. 中国地质, 2005, 32(4):674-681.
Zhao Yonggang, Chen Jingshan, Lei Bianjun, et al. Analysis of high-resolution sequence stratigraphy of the Upper Jurassic Penglaizhen Formation in the Baimamiao gas field, Qionglai County, Western Sichuan [J]. *Geology in China*, 2005, 32(4):674-681 (in Chinese with English abstract).
- [14] 靳松, 朱筱敏, 钟大康. 扇三角洲高分辨率层序地层对比及砂体分布规律[J]. 中国地质, 2006, 33(1):212-220
Jin Song, Zhu Xiaomin, Zhong Dakang. High-resolution sequence stratigraphic correlation of fan deltas and distribution characteristics of sandbodies [J]. *Geology in China*, 2006, 33 (1):212-220 (in Chinese with English abstract).
- [15] 倪超, 纪友亮. 饶阳凹陷古近系沙河街组层序地层分析及沉积体系研究 [J]. 中国地质, 2006, 33(1):193-200.
Ni Chao, Ji Youliang. Sequence stratigraphy and sedimentary system of the Paleogene Shahejie Formation in the Raoyang subbasin [J]. *Geology in China*, 2006, 33(1):193-200 (in Chinese with English abstract).

- [16] 李君文, 陈洪德, 田景春. 鄂尔多斯盆地石千峰组高分辨率层序地层学特征[J]. 大庆石油地质与开发, 2007, 26(1):45-49.
Li Junwen, Chen Hongde, Tian Jingchun. High resolution sequence stratigraphy characteristics of Shiqianfeng Formation in Ordos Basin [J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2007, 26(1):45-49(in Chinese with English abstract).
- [17] 温立峰, 吴胜和, 岳大力, 等. 胜二区沙二段 7 砂组地层基准面旋回与沉积微相研究[J]. 中国地质, 2010, 37(1):144-151.
Wen Lifeng, Wu Shenghe, Yue Dali, et al. Stratigraphic base-level cycles and sedimentary microfacies of Es₂-7 Formation in the Shengtuo Oilfield[J]. Geology in China, 2010, 37(1):144-151 (in Chinese with English abstract).
- [18] 谭万仓, 侯明才, 董桂玉, 等. 川西前陆盆地中侏罗统沙溪庙组沉积体系研究[J]. 东华理工大学学报(自然科学版), 2008, 31(4):336-343.
Tan Wancang, Hou Mingcai, Dong Guiyu, et al. Research on depositional system of Middle Jurassic Shaximiao Formation in Western Sichuan Foreland Basin [J]. Journal of East China Institute of Technology(Natural Science), 2008, 31(4):336-343 (in Chinese with English abstract).
- [19] Cross T A, Lessenger M A. High-resolution stratigraphic correlation from the perspective of base-level cycles and sediment accommodation [C]//Sequence Stratigraphy Conference Materials of North Western Europe. 1994.
- [20] Cross T A, Lessenger M A. Sediment Volume Partitioning: Rationale for Stratigraphic Model Evaluation and High-resolution Stratigraphic Correlation [R]. Accepted for publication in Norwegian Petroleum Forening Conference Volume, July. 1996:1-24.
- [21] 郑荣才. 四川盆地地下侏罗统大安寨段高分辨率层序地层学[J]. 沉积学报, 1998, 16(2):42-49.
Zheng Rongcai. High-resolution sequence stratigraphy of Daanzhai Formation, Lower Jurassic in Sichuan Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1998, 16 (2):42-49 (in Chinese with English abstract).
- [22] 郑荣才, 吴朝容, 叶茂才. 浅谈陆相盆地高分辨率层序地层研究思路[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2000, 27(3):241-244.
Zheng Rongcai, Wu Zhaorong, Ye Maocai. Research thinking of high-resolution sequence stratigraphy about a terrigenous basin[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2000, 27 (3):241-244 (in Chinese with English abstract)
- [23] 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.
Zheng Rongcai, Yin Shimin, Peng Jun. Sedimentary dynamic analysis of sequence structure and stacking pattern of base-level cycle [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18 (3):369-375 (in Chinese with English abstract).
- [24] 邓宏文, 王红亮, 宁宁. 沉积物体积分配原理—高分辨率层序地层的理论基础[J]. 地学前缘, 2000, 7(4):305-313.
Deng Hongwen, Wang Hongliang, Ning Ning. Sediment volume partition principle: theory basis for high-resolution sequence stratigraphy [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7 (4):305-313 (in Chinese with English abstract).
- [25] 邓宏文, 王洪亮, 祝红军. 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.
Deng Hongwen, Wang Hongliang, Zhu Hongjun. High-resolution Sequence Stratigraphy—Principle and Application [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002:3-24 (in Chinese with English abstract).
- [26] 尹太举, 张昌民, 赵红静, 等. 依据高分辨率层序地层学进行剩余油分布预测[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(4):79-82.
Yin Taiju, Zhang Changmin, Zhao Hongjing, et al. Remaining oil distribution prediction based on high-resolution sequence stratigraphy [J]. Petroleum Exploration and Development, 2001, 28 (4):79-82(in Chinese with English abstract).
- [27] 田景春, 刘家铎, 孟万斌, 等. 伊犁盆地南缘侏罗系高分辨率层序地层学研究 [J]. 成都理工大学学报 (自然科学版), 2002, 29 (5):499-505.
Tian Jingchun, Liu Jiaduo, Meng Wanbin, et al. Research for high-resolution sequence stratigraphy of Jurassic on south margin in Ili Basin [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2002. 29(5):499-505 (in Chinese with English abstract).
- [28] 石兰亭, 潘树新, 郭维华, 等. 松辽盆地南部上白垩统中部组合层序界面的识别标志及高分辨率层序地层格架 [J]. 沉积学报, 2010, 28(2):235-242.
Shi Lanting, Pan Shuxin, Guo Weihua, et al. Sequence boundary characteristics and its high resolution sequence stratigraphic framework of the middle oil-bearing beds in the South of Songliao Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28 (2):235-242 (in Chinese with English abstract).

Sedimentary facies and sand body distribution of the Middle Jurassic Upper Shaximiao Formation in the middle segment of western Sichuan depression

LI Guo-xin^{1,2,3}, XU Sheng-lin^{1,2} CHEN Hong-de^{1,2}, SHI Zhi-qiang², GAO Shan⁴

(1. State Key Laboratory of Oil/Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China;

2. Institute of Sedimentary Geology; Chengdu University of Technology; Chengdu 610059, Sichuan, China;

3. No. 283 Geological Branch, Sichuan Geological Bureau for Nuclear Industry, Dazhou 635001, Sichuan, China;

4. Liaohe Company, BGP, CNPC, Panjin 124010, Liaoning, China)

Abstract: Guided by the theory of high-resolution sequence stratigraphy, based on the classification of base level cycle sequence, and aimed at the distribution characteristics of sand bodies, this paper has divided Upper Shaximiao Formation into base level cyclic sequences of one long period (L1) and four moderate periods (M1, M2, M3, M4). Sequence-based lithofacies and paleogeographic maps of Upper Shaximiao Formation were compiled on the basis of mapping units of middle period base level cyclic sequence. The result shows that meandering river delta facies and lake facies were developed during the stage of M1 and M2. During the stage of M3 and M4, the depositional setting was changed and characterized by the development of alluvial fan facies, alluvial plain facies, braided river delta facies and lake facies. The sand bodies were distributed in two areas, i.e., Dayi-Wenjiang area and Zhongjiang area: the former occurred during the stage of M1, M3 and M4, whereas the latter came into existence during the stage of M1, M2 and M3.

Key words: sequence-based lithofacies and paleogeography; sand body distribution; Upper Shaximiao Formation; Middle segment of western Sichuan depression

About the first author: LI Guo-xin, born in 1974, doctor, engages in sequence stratigraphy study and oil basin analysis; E-mail: ghlx_2@sohu.com.