

文章编号: 1000-0550(2009) 01-0001-08

川东北地区飞仙关组层序—岩相古地理特征和鲕滩预测

郑荣才¹ 罗平² 文其兵³ 徐发波³ 李瑜³ 耿威¹

(成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室 成都 610059

2 中国石油勘探开发研究院油气储层重点实验室 北京 100083 3 中国石油西南油气田分公司重庆气矿 重庆 400021)

摘要 以沉积相和界面识别为依据,将川东北地区下三叠统飞仙关组划分为 2 个三级层序和 6 个体系域,在此基础上对飞仙关组层序地层学特征进行了分析,编制了各沉积体系域的层序—岩相古地理图和对鲕滩发育规律进行预测。结果表明: SQ1 层序发育期,飞仙关组受持续海侵影响,形成以深水台盆为中心的台盆—台地边缘—开阔—局限—蒸发台地的相带展布格局,以海侵体系域的台地边缘和台内鲕滩最为发育,该体系域也是飞仙关组鲕滩相储层最发育的层位; SQ2 层序发育期,受海平面大幅度下降和水循环受限及干旱炎热气候影响,区域沉积格局由开阔台地转化为局限台地,鲕滩逐渐消失,最终进入频繁暴露的蒸发台地环境,以沉积膏岩为主,为飞仙关组天然气藏极其重要的第一套区域性致密盖层发育层位。

关键词 川东北 下三叠统飞仙关组 层序地层 岩相古地理 鲕滩

第一作者简介 郑荣才 男 1950 年出生 教授 博士生导师 沉积地质学、层序地层学和石油地质学

E-mail Zhengrc@cdut.edu.cn

中图分类号 P512.2 P539.2 文献标识码 A

1 地质概况

近年来,川东北地区以下三叠统飞仙关组为重点目标层的海相碳酸盐岩的油气勘探取得重大突破,先后发现了渡口河、罗家寨、铁山坡和毛坝—普光等众多大中型与特大型气田,以其储层物性好、厚度大而展示出川东北地区飞仙关组具有巨大的天然气勘探

开发潜力^[1-6]。本文以区域背景、岩芯观察和测井特征等综合研究为基础,以层序分析为技术路线,编制层序—岩相图为技术手段,研究川东北地区飞仙关组岩相古地理特征与鲕滩分布规律的关系,并对有利储层发育的鲕滩相带进行预测。

川东北地区位于米仓山—大巴山前缘(图 1),地

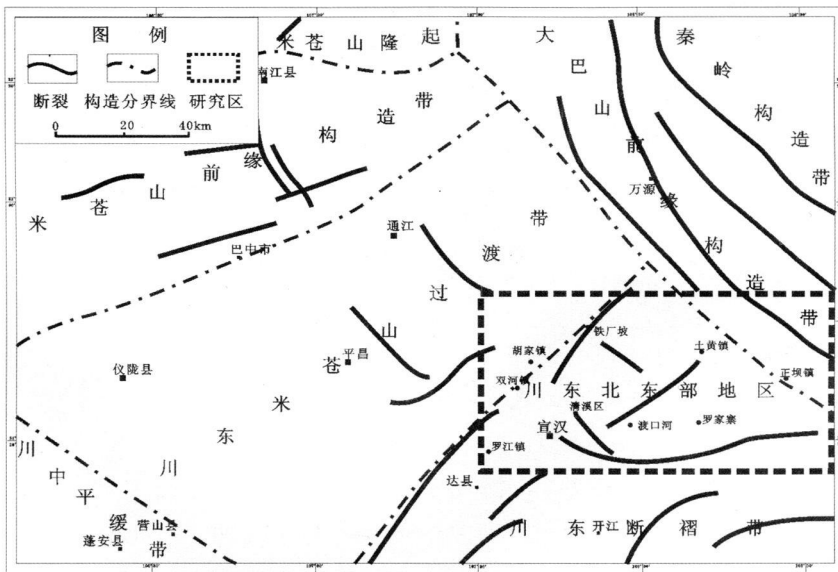


图 1 川东北地区区域构造略图(据梅廉夫, 2003)

Fig 1 The regional structure framework of Northeast Sichuan Basin(after Mei Lianfu 2003)

收稿日期: 2007-12-05 收修改稿日期: 2008-07-24

理上属于四川盆地东北部和部分渝北地区的中—高山区。大地构造位置属于上扬子地台的东北部,挟持在印支晚期秦岭造山带盆缘推覆山系与四川前陆盆地之间的构造交接带部位,现今构造格局主要受北西向的米仓山—大巴山巨型构造山系逆冲推覆作用控制,于中、新生代经历了性质多变的构造演化过程,具有十分复杂的区域构造轮廓。本项目研究重点位于

川东北地区的东偏南部,包括毛坝—普光构造带在内,西起双河镇和罗江镇,东经正坝镇至川渝边界,北起铁山坡,南至渡口河、罗家寨(图 1),属于四川盆地东北部天然气最为富集地区之一的黄金口构造带。区内飞仙关组天然气藏发育有多套巨厚的烃源岩和优质白云岩储层^[1-6],以及以膏盐岩为主的、封闭性极好的区域性优质盖层,具备形成特大型气田的优

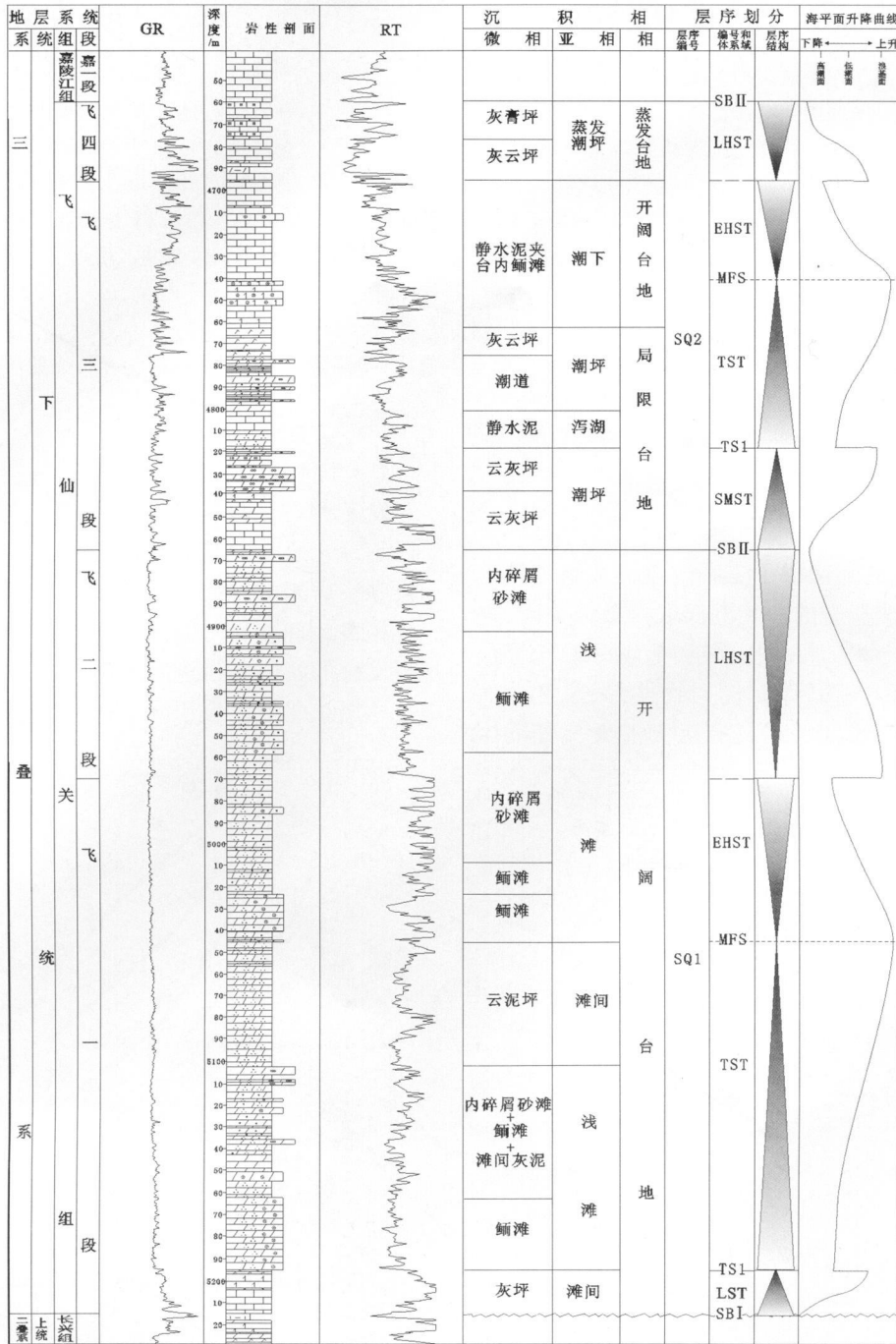


图 2 川东北地区飞仙关组沉积相及层序地层综合柱状图(普光 2 井)

Fig 2 Comprehensive column of sedimentary facies and sequence stratigraphy of the Feixianguan Formation in northeast Sichuan (P-2W well)

越生储盖组合条件。

2 飞仙关组沉积相与层序地层划分

飞仙关组于川东北地区连续分布, 下伏地层为上二叠统长兴组, 上覆地层为下三叠统嘉陵江组 (图 2), 均为沉积不整合接触。其岩性主要由深灰色、灰色薄—中层状泥质灰岩、微晶灰岩与鲕粒灰岩、鲕粒白云岩、晶粒白云岩和藻纹层白云岩互层组成, 上部夹有膏质泥—微晶白云岩和膏盐岩。据已有研究成果, 该地区飞仙关组可划分为台盆、台地边缘、开阔台地、局限台地和蒸发台地 5 个相带和 9 个亚相 (表 1, 因篇幅有限, 沉积相特征不再描述)。

层序划分的关键在于识别层序界面, 川东北地区飞仙关组可识别出 3 个层序界面和 2 个最大海泛面

(图 2)。3 个层界面分别位于飞一段、飞三段底部和飞四段顶部, 其中飞一段底部层序界面也是飞仙关组与上二叠统长兴组之间的分界面, 该界面为一有强烈暴露作用的古岩溶界面, 具 iv 型层序界面性质。飞三段底部层序界面为一区域性海退折向区域性海侵的相转换面, 属 ① 型层序界面。2 个最大海泛面分别发育于飞一段上部和飞三段上部, 岩性主要为薄层状暗色泥灰岩和泥云岩。依据层序界面和最大海泛面产出的位置, 将飞仙关组划分出 SQ1 和 SQ2 二个 ② 级层序, 其中 SQ1 由飞一、二段叠加组成, 属于 iv 类层序, SQ2 由飞三和四段叠加组成, 属于 ③ 类层序, 此二个层序于区域上的岩性、岩相和厚度虽然变化很大, 但跨越各沉积相带的沉积体系域与各岩性段基本对应, 在区域上具有较好的可对比性 (图 3)。

表 1 川东北地区飞仙关组沉积相划分简表

Table 1 Sedimentary facies classification of the Feixianguan Formation in the Northeast Sichuan

相	亚相	岩性	发育层位
蒸发台地	膏云坪	泥—微晶灰岩和白云岩、膏云岩、云膏岩、石膏岩	飞二段、飞四段
	膏盐湖	泥—微晶白云岩、石膏岩、石盐岩	
局限台地	潮坪	(含颗粒)泥—微晶灰岩、微—粉晶白云岩、藻白云岩	飞二至飞四段
	泻湖	泥灰岩、泥晶灰岩、泥—微晶白云岩	
开阔台地	台内鲕滩	鲕粒灰岩、砂屑鲕粒灰岩、鲕粒白云岩	飞一段至飞三段
	静水泥	泥—微晶灰岩、微—粉晶白云岩	
台地边缘	滩间	泥—微晶灰岩、鲕粒微晶灰岩、微—粉晶白云岩	
	台缘鲕滩	鲕粒灰岩、鲕粒白云岩	
台盆 (台内盆地)		泥晶灰岩、泥灰岩、钙屑浊积岩、硅质岩	

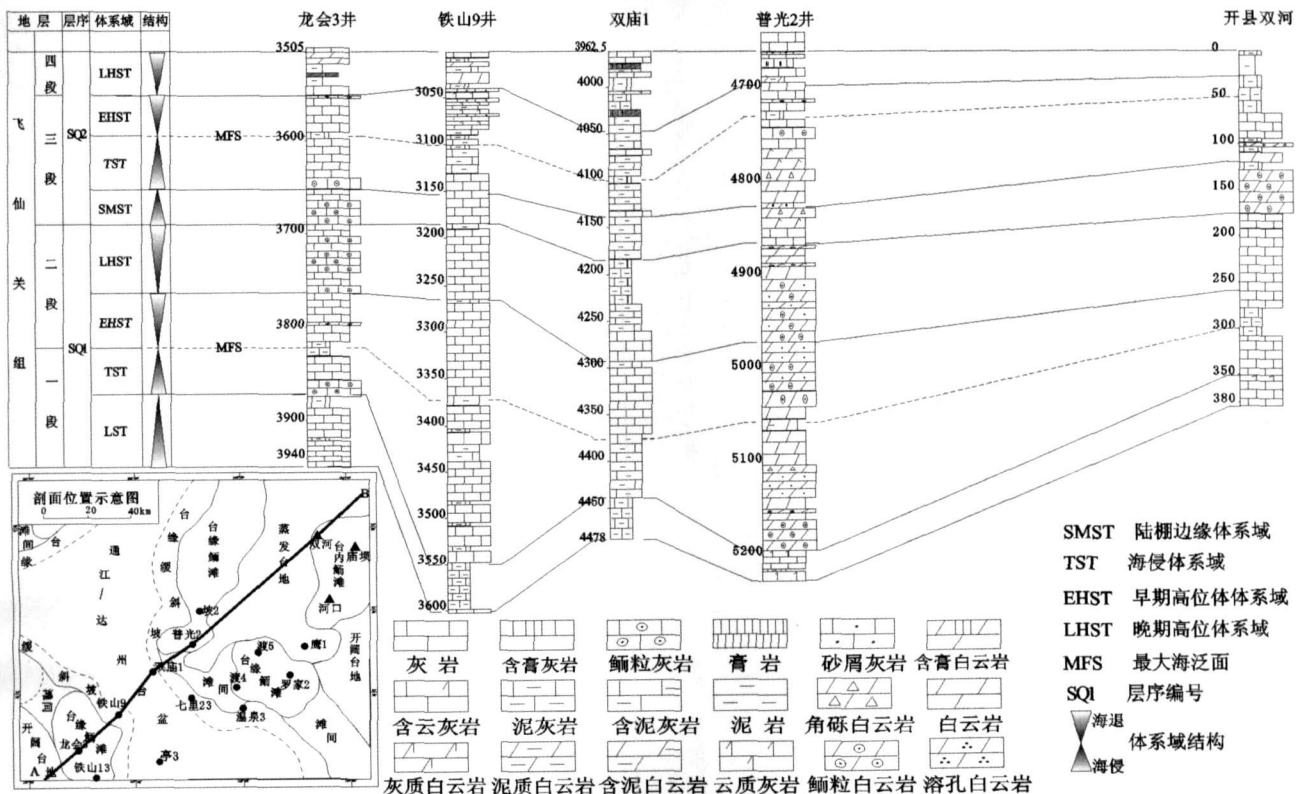


图 3 川东北下三叠统飞仙关组层序地层对比和地层格架

Fig. 3 The sequence stratigraphic correlation and framework of Feixianguan Formation in the Northeast Sichuan

3 层序—岩相古地理编图

3.1 层序—岩相古地理编图技术

传统的岩相古地理编图是以岩石地层单位为编图单元,存在较大的缺陷:其一是时间跨度较大,图件相对较粗糙;其二是等时性较差,很难真实地反映古地理面貌和相带展布特征。依据层序地层学理论,层序界面是由海平面相对下降时形成的不整合面或相关整合面组成,界面上发育有与海平面升降有关的物性标识,是能够加以识别和对比的。层序内部体系域不仅是海平面统一上升和下降地层旋回过程形成的等时地质体,而且体系域之间的界面也有相关的识别和对比标识。因此,而采用层序—岩相古地理编图技术,不仅能较好地细分以体系域(或更精细的准层序)为等时地层的编图单元,而且依据旋回等时对比法则^[6]能有效地克服同时异相地层之间的等时对比问题^[5],所编制的层序—岩相古地理图具有更好的等时性、连续性和应用性。就川东北地区飞仙关组而

言,层序的成因类型和充填样式,对鲕粒白云岩储层和膏云岩盖层的发育、区域分布,几何形态及其与优越的储—盖组合配置条件及其与油气聚集成藏的关系都有直接的控制作用。

川东北地区飞仙关组地层发育齐全,分布面积大,地层可对比性强,具备在等时地层格架内编制层序—岩相古地理图的条件(图 3)。为了深入了解川东北地区飞仙关期沉积环境、特别是鲕滩相带的展布规律,以整个飞仙关期为编图单元先编制川东北地区仙关组层序—岩相古地理图(图 4),以此为背景,将研究目标锁定在包括毛坝—普光构造带在内的东南部地区,以三级层序界面和最大海泛面为等时界面,以体系域为等时地层单元,编制地层等厚图、鲕粒(颗粒)岩等厚图、白云岩等厚图、膏盐岩层等厚图等单因素基础地质图件,取优势相为编图要素,在此基础上编制以体系域为等时地层单元的层序—岩相古地理图(图 5),对飞仙关组鲕滩发育相带进行预测取的很好效果。

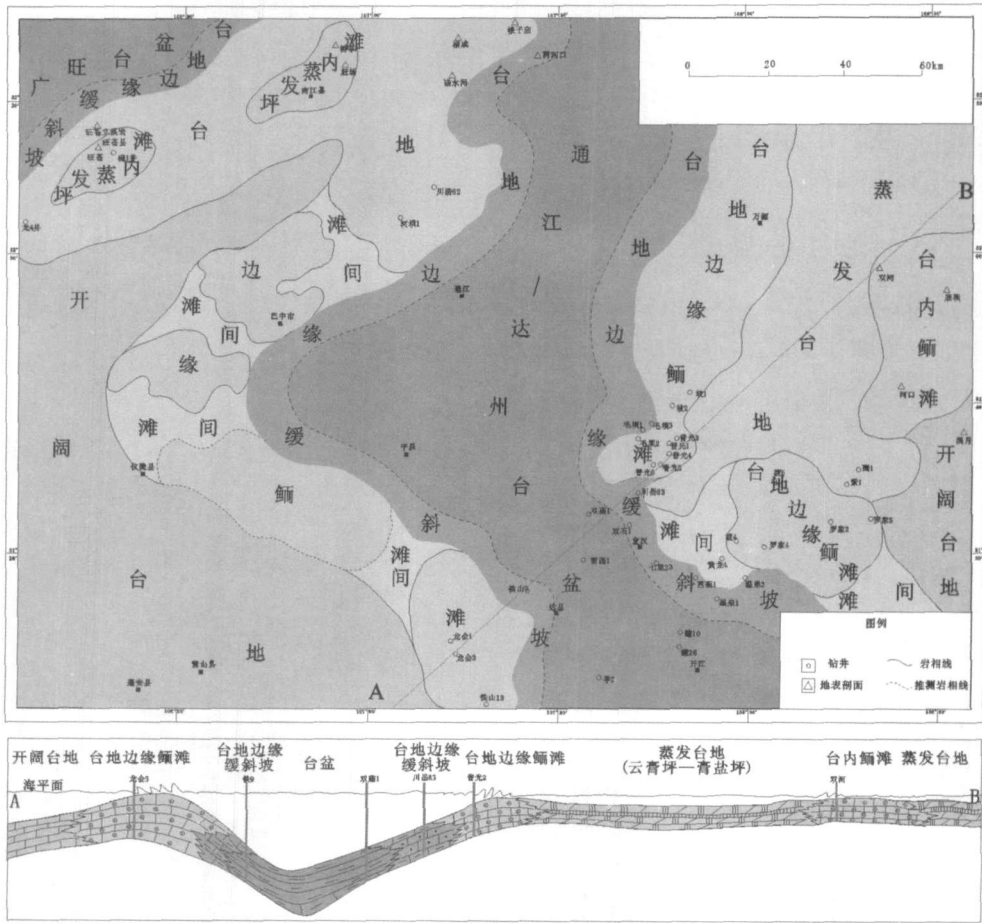


图 4 川东北早三叠世飞仙关期岩相古地理及沉积相模式图

Fig 4 Feixianguan age lithofacies and palaeogeography and the depositional model of Northeast Sichuan Basin

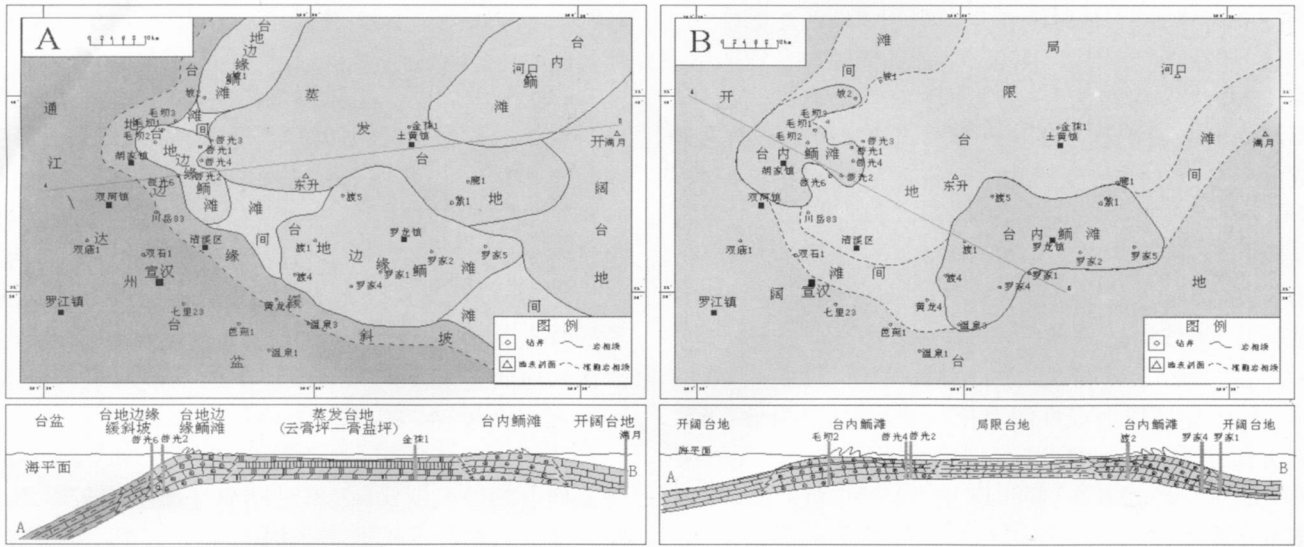


图 5 川东北地区东部飞仙关组 SQ1(A)和 SQ2(B)海侵体系域 (TST)岩相古地理略图及沉积模式图

Fig 5 The lithofacies and palaeogeography and the sedimentary model of TST in SQ1(A) and SQ2(B) from the eastern Northeast Sichuan

3.2 川东北地区仙关期岩相古地理概貌

川东北地区早三叠世古地理面貌总体特征, 与晚二叠世长兴末期的区域构造抬升和遍及盆地各部位的热构造沉降与拗陷活动有关^[8]。飞仙关期因受水体变浅的影响, 于川东北地区的范围内台盆硅质岩相逐渐消失, 演变为深水台盆泥灰岩与浅水台地颗粒灰岩旋回交替的沉积相展布格局。区域上以通江—达州台盆为中心, 具有前缘缓斜坡、台地边缘、开阔—局限—蒸发台地等相带呈近对称分布的北东向弯曲带状展布格局 (图 4), 古地理面貌有如下特点: ① 台盆呈“之字形”带状, 其东、西两侧均依次发育有弯曲带状的台地边缘缓斜坡和台地边缘鲕滩; ② 东侧台地边缘鲕滩呈西突的半环形, 主体发育在万源、铁山坡、普光、黄龙场、渡口河和罗家寨等地, 与台盆西侧的台地边缘鲕滩隔盆相望, 被半环形鲕滩相带环绕的台内发育有大面积分布的蒸发台地, 主要发育强烈蒸发咸化的泻湖—潮坪和萨勃哈环境, 蒸发台地的东南侧为开阔台地和台内鲕滩发育区 (图 4), 其中鲕滩相带具有滩体与滩间交替分布的格局; ③ 西侧台地边缘鲕滩也呈“之”字形带状展布, 主体发育在龙 4 井、南江、楼子庙、川涪 82 井、河坝 1 井和巴中一带, 向南东经龙会 1 井和铁山 13 井一带延伸出研究区外, 鲕滩内部往往发育有滩内蒸发坪; ④ 已勘探的普光、渡口河、罗家寨和铁山坡等大中型和特大型气田大都产于台盆东侧半环形展布的台地边缘鲕滩相带, 部分产于台内鲕滩相带。

3.3 川东北地区东南部层序—岩相古地理特征

3.3.1 飞仙关组 SQ1 层序—岩相古地理特征

(1) SQ1 层序结构特征

SQ1 层序厚度变化很大, 为 60.5~644 m, 该层序属 iv 型层序, 可划分为低位 (LST)、海侵 (TST) 和高位 (HST) 三个体系域 (图 2 和 3)。层序的展布具有以毛坝—普光构造带为起点, 向北和向东诸方向逐层上超变薄的变化特点, 北东侧高部位缺失低位体系域沉积, 海侵体系域厚度与高水位体系域厚度几近相等, 显示该层序属于 $LST + TST \geq HST$ 的缓慢海进—缓慢海退沉积旋回的产物。

低位体系域: 以长兴组顶面的古岩溶界面为沉积超覆面, 该体系域呈叠覆在长兴组之上的前积楔状体。该时期海平面上升缓慢, 碳酸盐生产率和堆积速率的由接近于向高于可容纳空间递增, 形成伴随海平面上升过程中的、由鲕滩与滩间交替发育组成台地边缘加积—进积序列。

海侵体系域: 海平面上升速度较慢, 但持续幅度很大, 伴随海水变深, 可容纳空间增长速率逐渐略大于碳酸盐生产率和堆积速率。如位于台地边缘的毛坝—普光构造早、中时表现为台地边缘缓斜坡与台地边缘鲕滩和滩间的交替沉积序列, 由鲕粒白云岩、砾屑白云岩和粉—细晶白云岩互层组成以鲕滩为主的加积序列。晚时的最大海泛期, 于区域上广泛沉积 CS 段的大套薄层暗色泥岩和泥灰岩。

高位体系域: 早期高位体系域环境较稳定, 可容

纳空间递减缓慢,接近碳酸盐堆积速率,以加积作用为主,如在毛坝—普光构造带,主要表现为台地边缘鲕滩和内碎屑沙滩互层的连续叠加作用;晚期高位体系域受海平面持续下降和可容空间快速递减影响,形成向上变浅的进积序列和间歇暴露的浅水相沉积组合,主要表现为台地边缘的广泛浅滩化,岩性为砂屑鲕粒灰岩、砂屑白云岩和泥—微晶白云岩为主的互层组合,局部出现蒸发台地相的膏质泥—微晶白云岩和结核状、条带状云膏岩。

(2) SQ1层序—岩相古地理和鲕滩预测

SQ1层序以海侵期鲕滩相带最发育,也为最有利储层发育的层位,因此,仅以海侵体系域为例描述SQ1层序—岩相古地理特征(图5A),并对鲕滩发育相带进行预测。该时期川东北地区的东南部层序—岩相古地理有如下几个特点:¹自南西向东北方向,由深水台盆逐渐过渡为台地边缘缓斜坡、台地边缘鲕滩、开阔台地或蒸发台地的相带展布格局;^④沉积相控制的岩性分异明显,其中台盆和台地边缘缓斜坡相带岩性主要为大套暗色泥灰岩与燧石结核灰岩组合,台地边缘鲕滩岩性主要为鲕粒灰岩、鲕粒白云岩和晶粒白云岩互层组合,开阔台地为大套泥—微晶灰岩夹泥灰岩组合,局限和蒸发台地为大套含膏泥—微晶白云岩、藻团粒白云岩和层纹石白云岩互层组合;^④预测沿半环状展布的台地边缘相带发育有4个鲕滩(图5A和6A):其一位于铁厂坡向北东方向延伸至万源一带,呈宽带状展布,宽度为8~10 km,长度在30 km以上,面积200~250 km²,鲕滩厚度为10~50 m,最大厚度为105 m,平均厚度约30 m;其二分布在毛坝—普光构造带,呈北西—南东向长垣状展布,宽度为6~10 km,长度在20 km左右,面积150~200 km²,鲕滩厚度10~60 m,最大厚度为114.5 m,平均厚度约40 m;其三分布于渡口河至罗家寨一带,呈东—西向展布的不规则面状,南—北宽度10~30 km,东—西长在50 km以上,面积1 000~1 200 km²,鲕滩厚度10~50 m,最大厚度为90.5 m,平均厚度约35 m;^{1/4}在东侧满月—新月一带还发育有一个北东向长垣状展布的台内鲕滩,宽度为20~25 km,长度在45 km以上,面积800~1 000 km²,鲕滩厚度10~50 m,最大厚度为90.5 m,平均厚度约25 m;^{1/2}台地边缘和台内鲕滩与滩间相间展布格局可延续到高位期,构成了蒸发台地与台盆之间,或蒸发台地与开阔台地之间的隔离屏障,为高位期大面积膏云岩盖层的发育奠定了基础。

3.3.2 飞仙关组 SQ2层序结构和层序—岩相古地理特征

(1) SQ2层序结构和演化特征

SQ2层序厚度变化也较大为109~400 m,该层序属㊟型层序,可划分为陆棚边缘(SMST)、海侵(TST)和高位(HST)三个体系域(图2),层序的展布也具有自毛坝—普光构造带向北和向东诸方向逐层上超变薄,以及北东侧高部位缺乏陆棚边缘体系域沉积的特点,由海侵体系域厚度远大于高位体系域,显示该层序属于SMST+TST>>HST的缓慢海进—快速海退沉积旋回的产物(图2)。

陆棚边缘体系域:为叠覆在SQ1层序顶部间歇暴露面上的加积楔状体,该时期海平面上升较缓慢,碳酸盐生产率和堆积速率长时间与可容纳空间增长率保持相等和接近状态,因此,该体系域始终具有较稳定的开阔—局限台地沉积格局,自南西向东北方向由开阔台地潮下静水泥向泻湖—潮坪相沉积环境过渡,岩性由泥质灰岩、泥—微晶灰岩组合逐渐过渡为泥—微晶白云岩、层纹石白云岩、藻团粒白云岩夹白云质砾屑灰岩组合。

海侵体系域:海平面上升速度加快,伴随海侵初期延续到最大海泛期的海水逐渐变深,可容纳空间增长率略大于沉积物生产率和堆积速率。台地边缘鲕滩主要分布在北西侧的毛坝—普光构造带和南东侧的罗家寨构造带,岩性以白云质颗粒灰岩和鲕粒白云岩为主。在毛坝—普光构造带以东和罗家寨构造带以北地区表现为连续的海侵序列,由局限台地潮坪、泻湖逐渐加深为开阔台地潮下静水环境,局部夹有台内鲕滩。岩性为泥质微晶白云岩、白云质微晶灰岩,夹砂砾屑白云质灰岩组合。

高位体系域:早期高位体系域同样因可容纳空间递减缓慢和接近碳酸盐生产率与堆积速率而以加积作用为主,在毛坝—普光构造带及其以东地区仍表现为开阔台地潮下静水为主的环境,岩性为泥质灰岩、微晶灰岩和颗粒微晶灰岩组合夹少量台内鲕滩微相的鲕粒灰岩;晚期高位体系域沉积发生在海平面加速下降和可容空间迅速减小的过程中,毛坝—普光构造带以西由开阔台地迅速转化为有间歇暴露作用的局限台地环境,岩性白云质微晶灰岩、泥云岩、泥—微晶白云岩和藻团粒白云岩夹白云质砾屑灰岩组合为主。包括毛坝—普光构造带在内的以东地区为大面积的蒸发台地环境,发育灰云坪→灰膏坪→云膏坪组合的萨勃哈沉积序列,岩性为膏质泥—微晶白云岩、膏质

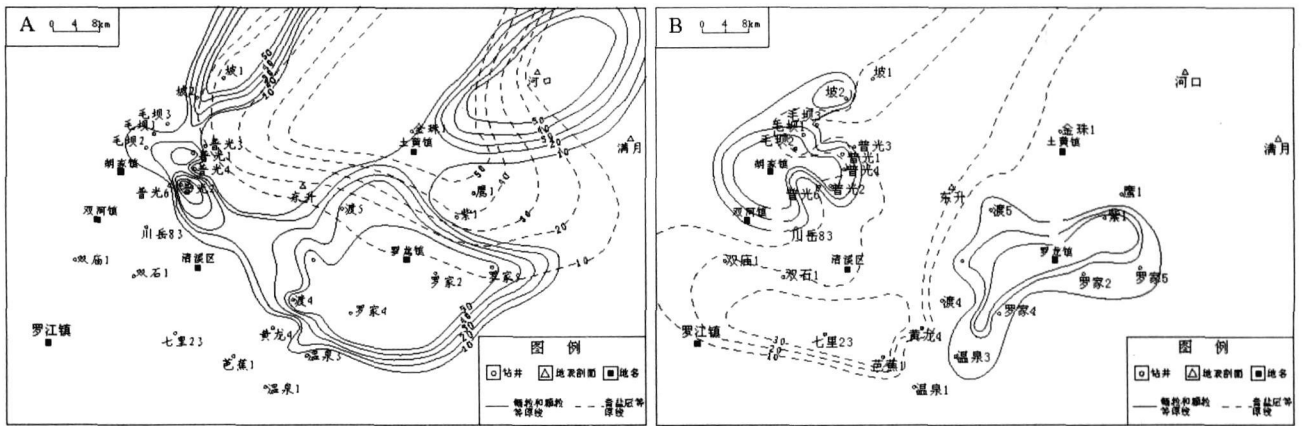


图 6 川东北飞仙关组 SQ1(A)和 SQ2(B)层序海侵体系域的鲕粒岩和高位体系域的膏盐岩等厚图

Fig 6 The oolitic rock isopach map(TST) and salty rock isopach map(HST) in SQ1(A) and SQ2(B) of Feixianguan Formation from the eastern Northeast Sichuan Basin

藻团粒白云岩与膏盐岩互层组合。

(2) SQ2层序—岩相古地理和鲕滩预测

SQ2层序以具有开阔台地—局限台地—蒸发台地的沉积相演化序列和相带展布格局为主要特征,仍以鲕滩最发育的海侵体系域为例描述 SQ2层序—岩相古地理特征(图 5B 和 6B),有如下几个特点:①自西向东或从南而北,出现开阔台地→台内鲕滩(或滩间)→局限台地的相带展布格局;④台内鲕滩发育位置继承了前期台地边缘鲕滩相带位置,但滩体明显缩小,预测在毛坝—普光构造带和渡口河—罗家寨构造带发育有 2 个形态不规则的、长轴呈近东—西向展布的台内鲕滩,前者宽度为 4~12 km,长度约 27 km,面积较小约 100~120 km²,鲕滩厚度为 5.5~17m,平均厚度约 10 m。后者宽度为 20~30km,长度为 60~65 km,面积很大为 800~1 000 km²,鲕滩厚度为 10~30 m,平均厚度 20 m。④被台内鲕滩半环状围限的区域为广阔的局限台地泻湖—潮坪环境,这一格局可延续到高位期被蒸发台地相膏盐岩覆盖为止。

需指出的是, SQ1和 SQ2两层序的高位晚期受海平面大幅度下降、水循环受限和极度干旱炎热的气候影响,于研究区内飞二段上部和飞四段都一度转化为均一而稳定的蒸发台地环境,围绕鲕滩广泛发育大套膏质微晶白云岩、膏质藻团粒白云岩与膏盐岩层的薄互层沉积组合(图 6),不仅为川东北地区飞仙关组天然气藏的形成和保存提供了最重要的第一套区域性致密盖层,同时由封存在蒸发台地相地层中的高盐度地层水,为飞仙关组鲕粒灰岩(还包括上二叠统长兴组生物礁灰岩)的成岩期埋藏白云岩化作用和形成优质白云岩储层,提供了极其重要的白云岩化流体来

源^[10-11]。

4 结论

通过上述研究,对川东北地区飞仙关组层序—岩相古地理特征和鲕滩预测有如下几点认识:

(1) 早三叠世飞仙关沉积期川东北地区发育有两次较大规模的海平面升降旋回,形成 2 个三级沉积层序,分别为飞一、二段叠加组成的 SQ1iv型层序和飞三、四段叠加组成 SQ2㉔型层序;

(2) SQ1层序属于缓慢海进—缓慢海退沉积旋回产物,以海侵体系域于通江—达州台盆两侧的台地边缘广泛发育鲕滩为显著特征。已探明的几个大中型和特大型气田主要发育于台盆东侧的铁厂坡、毛坝—普光、渡口河和罗家寨一带的台地边缘鲕滩相带,部分产于台内鲕滩相带。通江—达州台盆西侧该层序海侵体系域的台地边缘鲕滩相带具备类似的成藏条件(图 4),应列为今后重点勘探目标。

(3) SQ2层序属于缓慢海进—快速海退沉积旋回产物,以海侵体系域的台内鲕滩相带较发育为主要特征,以具有较大分布面积和厚度的渡口河—罗家寨台内鲕滩为有利储层发育相带。

(4) 高位体系域晚期广泛发育的大套蒸发台地相膏质泥—微晶白云岩和藻团粒或凝块石白云岩沉积组合,为川东北地区飞仙关组气藏的形成和保存提供了最重要的第一套区域性致密盖层。

(5) 就目前已有资料而言,白云岩储层的发育主要限于蒸发台地的影响范围内,特别是优质的鲕粒或晶粒白云岩储层有围绕蒸发台地发育的特点,可能与如下几个地质条件相关:①呈半环状分布的台地边缘

或台内鲕滩奠定了台内高地的蒸发台地发育基础; ④蒸发台地的发育不仅形成了重要的区域性致密盖层; ④封存在蒸发台地相地层中的高盐度孔隙水为成岩期埋藏白云岩化作用提供了流体来源。

参考文献 (References)

- 1 马永生, 蔡勋育, 李国雄. 四川盆地普光大型气藏基本特征及成藏富集规律 [J]. 地质学报, 2005, 79(6): 861-865 [Ma Yongsheng, Cai Xunyu, Li Guoxiong. Basic characteristics and concentration of the Puguang Gas Field in the Sichuan Basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2005, 79(6): 861-865]
- 2 马永生, 傅强, 郭彤楼, 等. 川东北地区普光气田长兴—飞仙关气藏成藏模式与成藏过程 [J]. 石油实验地质, 2005, 27(5): 455-461 [Ma Yongsheng, Fu Qiang, Guo Tonglou, et al. Pool forming pattern and process of the upper Permian-lower Triassic the Puguang gas field northeast Sichuan Basin, China [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2005, 27(5): 455-461]
- 3 赵文智, 汪泽成, 王一刚. 四川盆地东北部飞仙关组高效气藏形成机理 [J]. 地质论评, 2006, 52(5): 708-718 [Zhao Wenzhi, Wang Zecheng, Wang Yigang. Formation mechanism of highly effective gas pools in the Feixianguan Formation in the NE Sichuan Basin [J]. Geological Review, 2006, 52(5): 708-718]
- 4 马永生, 牟传龙, 郭彤楼. 四川盆地东北部飞仙关组层序地层与储层分布 [J]. 地学前缘, 2005, 25(4): 73-79 [Ma Yongsheng, Mu Chuanlong, Guo Tonglou, et al. Sequence stratigraphy and reservoir distribution of the Changxing Formation in northeastern Sichuan Basin [J]. Earth Science Frontiers, 2005, 25(4): 73-79]
- 5 牟传龙, 许效松, 林明. 层序地层与岩相古地理编图 [J]. 沉积与特提斯地质, 1992, 12(4): 1-9 [Mu Chuanlong, Xu Xiaosong, Lin Ming. Sequence stratigraphy and compilation of lithofacies and palaeogeographic maps: an example from the Devonian strata in southern China [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 1992, 12(4): 1-9]
- 6 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 [Deng Hongwen. A new school of thought in sequence stratigraphic studies in U. S. A.: high-resolution sequence stratigraphy [J]. Oil & Gas Geology, 1995, 16(2): 89-97]
- 7 王一刚, 刘划一, 文应初, 等. 川东北飞仙关组鲕滩储层分布规律、勘探方法与远景预测 [J]. 天然气工业, 2002, 22(增刊): 14-19 [Wang Yigang, Liu Huayi, Wen Yingchu, et al. Distribution, exploration method and prospective prediction of the oolitic beach reservoirs in Feixianguan Formation in northeast Sichuan Basin [J]. Natural Gas Industry, 2002, 22(suppl): 14-19]
- 8 刘树根, 李志武, 刘顺, 等. 大巴山前陆盆地一冲断带的形成演化 [M]. 北京: 地质出版社, 2006 [Liu Shugen, Li Zhiwu, Liu Shun, et al. Evolution and Formation of Dabashan Foreland Basin and Thrust Belt [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006]
- 9 蔡勋育, 马永生, 李国雄, 黄仁春. 普光气田下三叠统飞仙关组储层特征 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2005, 27(1): 43-45 [Cai Xunyu, Ma Yongsheng, Li Guoxiong, et al. Reservoir characteristics of Feixianguan in Puguang gas field [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2005, 27(1): 43-45]
- 10 高梅生, 郑荣才, 文华国, 等. 川东北下三叠统飞仙关组白云岩成因——来自岩石结构的证据 [J]. 成都理工大学学报 (自然科学版), 2007, 34(3): 297-304 [Gao Meisheng, Zheng Rongcai, Wen Hua-guo, et al. Lithological characteristics of dolomite in the Lower Triassic Feixianguan Formation of the NE Sichuan Basin, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2007, 34(3): 297-304]
- 11 郑荣才, 胡志贵, 冯青平, 等. 川东北地区长兴组白云岩储层的成因研究 [J]. 矿物岩石, 2007, 27(4): 78-84 [Zheng Rongcai, Hu Zhong-gui, Feng Qingping, et al. Genesis of dolomite reservoir of the Changxing Formation of upper Permian northeast Sichuan Basin [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2007, 27(4): 78-84]

Characteristics of Sequence-based Lithofacies and Paleogeography and Prediction of Oolitic Shoal of the Feixianguan Formation in the Northeastern Sichuan

ZHENG Rong-cai¹ LUO Ping² WEN Qibin³ XU Fa-bo³ LI Yu³ GENG Wei⁴

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

2. Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir of CNPC, Beijing 100083;

3. Chongqing Gas District of Southwest Oil and Gas Company of CNPC, Chongqing 400021)

Abstract The Feixianguan Formation of Lower Triassic in the northeast Sichuan can be divided into 2 third-order sequences, six system tracts in terms of sedimentary facies and sequence interfaces. Characteristics of sequence stratigraphy of the Feixianguan Formation are analyzed, sequence-palaeogeography maps compiled and development regularity of oolitic shoal predicted. It is indicated that during the development of SQ1 sequence, the effect of transgression brings about such distribution framework of facies zones as platform basin-platform margin-open limited-evaporate platform. Of the system tracts, the platform margin and oolitic shoal are the most developed ones. The effects of large scale descent of sea level and dry and hot climate during the development stage of SQ2 translates the original open platform into limited one and eventually into evaporate platform with dominant deposition of dolomite, forming the first important regional tight caprock of the Feixianguan Formation which is favorable for the accumulation of oil and gas.

Key words Northeastern Sichuan, Feixianguan Formation, Lower Triassic, sequence stratigraphy, sedimentary facies and palaeogeography, oolitic shoal