

文章编号:1000-1441(2009)06-0577-07

# 川东南地区下三叠统飞仙关组层序地层与 鲕滩展布特征研究

徐胜林<sup>1,2</sup>, 陈洪德<sup>1,2</sup>, 林良彪<sup>1,2</sup>, 陈安清<sup>1,2</sup>

(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. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川成都 610059)

**摘要:**在川东南地区,以层序地层学原理为指导,通过综合分析野外露头剖面和钻井等资料,分析了飞仙关组和鲕滩的发育特征。飞仙关组发育完整,可以识别出两个三级层序底界面,均为Ⅱ型层序的岩性、岩相转换面。第 1 层序海侵期主要发育混积陆棚环境,从第 1 层序高位期开始研究区进入碳酸盐岩台地演化阶段,鲕粒滩开始发育。第 1 层序高位期至第 2 层序高位早期,主要为开阔台地沉积环境,灰岩和鲕粒灰岩为主要岩石类型;第 2 层序高位晚期,沉积局限台地环境的紫红色泥页岩、白云岩夹石膏层。鲕粒滩主要发育于第 1 层序高位期和第 2 层序高位早期。第 1 层序高位期鲕滩呈北西—南东向展布,第 2 层序高位早期鲕滩则为北东—南西向展布。鲕粒滩分布以第 2 层序高位早期较佳,为潜在的最有利勘探层位。

**关键词:**层序界面;层序划分与特征;鲕滩展布;飞仙关组;川东南地区

**DOI:**10.3969/j.issn.1000-1441.2009.06.007

**中图分类号:**P631.4

**文献标识码:**A

四川盆地是我国重要的含油气盆地,人们针对其沉积厚度巨大的海相碳酸盐岩地层开展了大量的研究工作<sup>[1~8]</sup>。在川东北地区下三叠统飞仙关组鲕滩储集体中发现了五百梯和普光等大型和特大型气田,获得了油气勘探突破。

由 Vail 等<sup>[9]</sup>(1977)提出的层序地层学理论,经过不断完善与发展,逐渐被广大地质工作者接受,并得到广泛应用。郑荣才等<sup>[10]</sup>(1995)针对川东黄龙组天然气储集层开展了层序地层学研究;王兴志等<sup>[11]</sup>(1996)描述了四川资阳地区及邻区震旦系灯影组储层的层序地层学特征。早期的层序地层学研究主要针对已知储层,对储层进行层序地层描述。随着对层序地层学认识的深入,人们将层序地层学应用于储层预测。刘殊等<sup>[12]</sup>(2003)阐述了层序地层学理论在储层预测方面的作用;马永生等<sup>[3,13]</sup>(2005)将层序地层学理论应用于川东北地区,对长兴组和飞仙关组的两套优质储集体的展布情况进行了预测与评估;李忠等<sup>[8]</sup>(2005)对川东黄龙组进行了层序地层分析,并进行了储层特征描述。显然,应用层序地层学理论不仅有助于认识地层的地质特征,同时也有助于储层预测。

川东南地区(梁平以南、垫江以东、石柱以西、涪陵以北)与川东北地区相邻,同属于川东高陡褶皱带,该地区下三叠统飞仙关组鲕滩也很发育,但其地层的发育特征和鲕滩的发育情况尚未见有文

献系统地报道。我们以层序地层学理论为指导,基于对飞仙关组发育特征的认识,首先选择典型剖面对层序底界面进行识别,确定层序划分方案;然后对层序发育特征进行详细描述,并基于层序格架对鲕滩(潜在储集体)的展布规律进行预测。

## 1 地质背景

加里东构造运动后,四川盆地再次全面进入海相地层沉积期(图 1)。晚二叠世长兴期,盆地东北部的开江—梁平地区和南部的石柱地区都发育了台盆沉积<sup>[14]</sup>。随着全球海平面的持续上升,下三叠统飞仙关组底部地层主要发育混积陆棚环境,同时盆地南部石柱地区的台盆被填充补齐,盆地东北部开江—梁平地区的台盆继续发育。之后,受“碳酸盐工厂的高速生产”以及区域古地形的影响,盆地逐渐转变成碳酸盐岩台地沉积环境,并且在飞仙关组四段发育了可以进行区域对比的局限台地沉积<sup>[3,15]</sup>。构造上,由于喜山期来自于太平洋板块向西北俯冲的强大挤压力,形成了一系列以北东—南

**收稿日期:**2009-03-31; **改回日期:**2009-05-11。

**作者简介:**徐胜林(1981—),男,博士在读,主要从事层序地层学与含油气盆地分析研究工作。

**基金项目:**国家自然科学基金重点项目(40739901)和 SGC-CDUT 复杂油气藏地球物理联合研究所共同资助。

西轴向为主的近于平行的线型梳状褶曲<sup>[15]</sup>,也就是现今的川东高陡褶皱带。

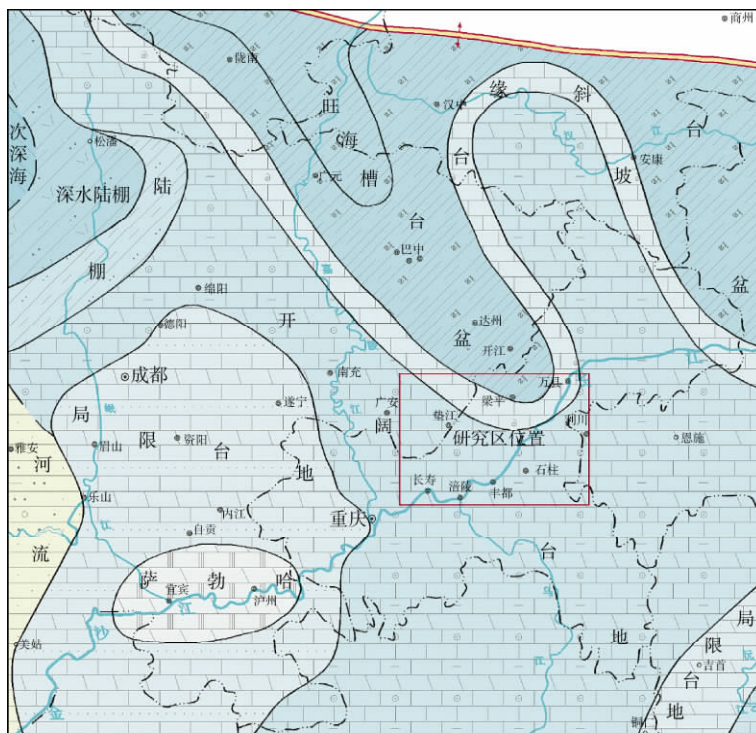


图 1 研究区位置及古地理背景

## 2 层序地层分析

### 2.1 地层特征

在早三叠世,四川盆地所在的上扬子地台处于克拉通盆地演化阶段,以沉积台地相浅水碳酸盐岩为发育特征。川东南地区飞仙关组发育完好,可划分为 4 段,即飞一段、飞二段、飞三段和飞四段(图 2)。

飞一段底部主要为泥质页岩和页岩,该段上部岩层以泥灰岩发育且整体表现为向上钙质含量增加为特征,偶有鲕粒灰岩发育;飞二段—飞三段的沉积物特征类似,为微晶灰岩和鲕粒灰岩,夹少量白云质鲕粒灰岩;飞四段主要发育紫色和紫红色中—厚层泥灰岩、黄绿色中层页岩和少量浅黄色灰质云岩(图 3a),该段地层测井特征明显,总体表现为高自然伽马和低电阻率,是识别飞四段地层的典型地球物理特征(图 3b)。下伏长兴组顶部以生物碎屑灰岩沉积为特征<sup>[14]</sup>,上覆下三叠统嘉陵江组底部为灰白色—灰色白云岩、灰岩沉积(图 3a)<sup>[16]</sup>,这两套地层在川东南地区与飞仙关组均呈整合接触关系(图 2)。

### 2.2 层序界面及层序划分

层序是一套内部相对整合、在成因上有联系

的、以不整合面和可以与之对比的整合面为界的等时沉积体<sup>[9,17]</sup>,可用于确定层序的界面包括层序的底界面、初始海泛面和最大海泛面,其中最为重要的是层序底界面的识别,这是层序划分的基础和前提。层序地层学理论认为,根据层序底界面类型可以将层序划分为 I 型层序和 II 型层序<sup>[16,17]</sup>,其中 I 型层序底界面以陆上暴露侵蚀、古土壤面等为识别特征,II 型层序底界面以上覆地层的上超和海岸上超的向下迁移等为识别特征。

川东北地区飞仙关组发育有两个三级层序,但在层序类型上有所分歧,有人认为两个三级层序都为 II 型层序<sup>[3]</sup>;也有人认为第 1 个三级层序为 I 型层序,第 2 个三级层序为 II 型层序<sup>[18]</sup>。在川东南地区,基于钻井岩心和测井资料综合分析,我们选择在重庆石柱冷水溪地区针对露头进行了层序地层分析,认为川东南地区飞仙关组层序底界面均属于 II 型界面,并且可以识别出两个三级层序,即第 1 层序(SQ1)和第 2 层序(SQ2)(图 2)。

层序识别和层序类型确定的依据是:第 1 层序 SQ1 的底界为下三叠统飞一段,与下伏上二叠统长兴组整合接触,飞一段底部主要发育灰绿色、黄绿色页岩,不含生物化石,是混积陆棚沉积环境的产物,长兴组顶部主要为深灰色的生物碎屑灰岩,为台地边缘生屑滩沉积环境,岩石类型和沉积环境

不同,为岩性和岩相转换面,是 II 型层序底界面特征(图 2);第 2 层序 SQ2 的底界面之上的地层为灰 色中一厚层含生物碎屑微晶灰岩,之下的地层为 灰—深灰色厚层变晶鲕粒灰岩,为整合接触关系,

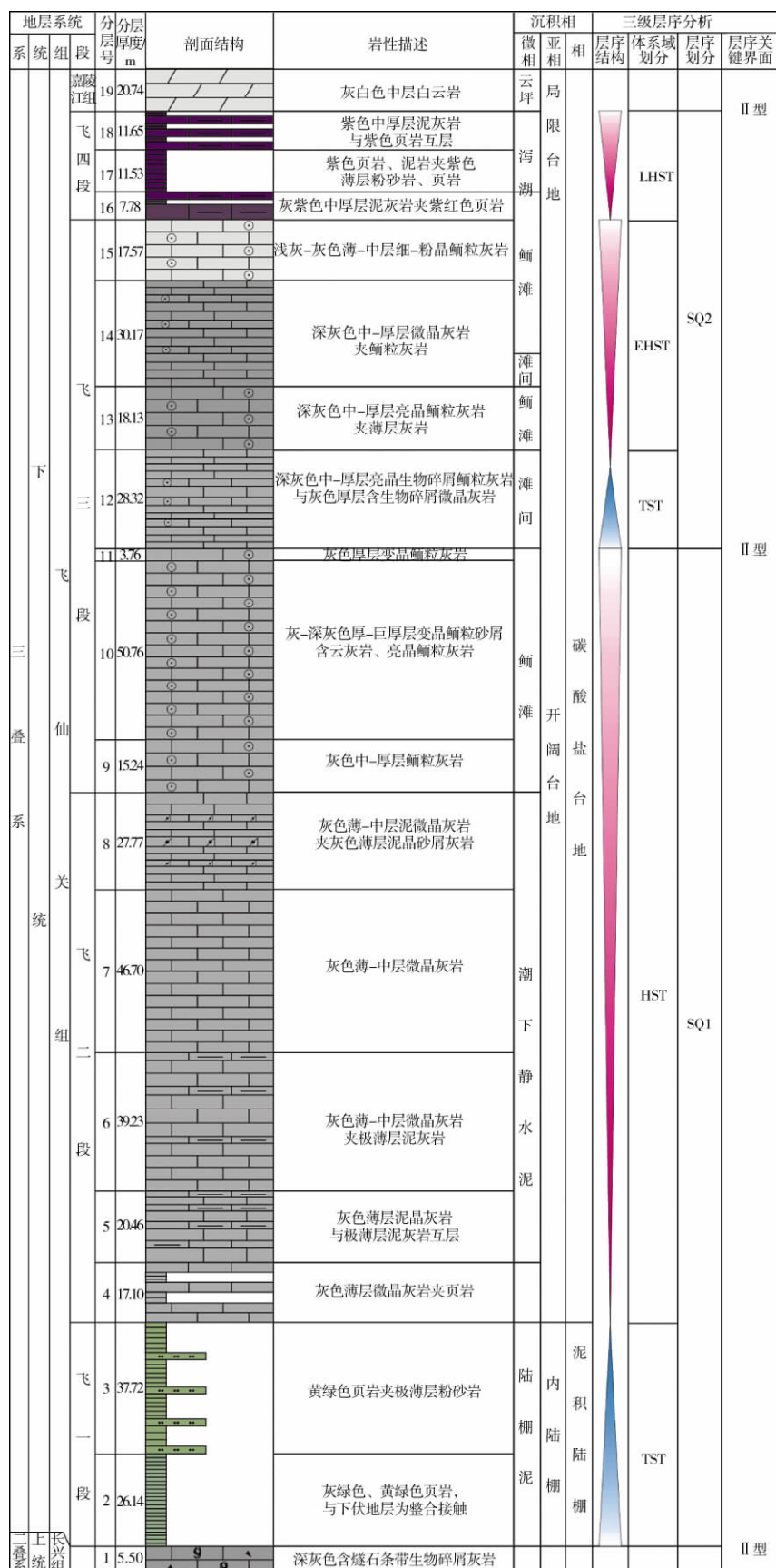


图 2 川东南地区飞仙关组岩性、沉积相及层序地层划分结果

岩石类型和沉积环境上不同,为岩性和岩相转换面,亦是Ⅱ型层序底界面特征(图2)。

### 2.3 层序特征分析

#### 2.3.1 SQ1层序

SQ1层序由海侵体系域(TST)和高位体系域(HST)构成(图2)。

海侵期(TST)主要沉积了混积陆棚相的泥灰岩、页岩、泥晶灰岩,局部含少量鲕粒灰岩。北部的梁平—万县地区为台盆相的深灰色—灰黑色的薄层和页片状泥晶灰岩夹褐色薄层钙质泥岩沉积,这是发育于晚二叠世长兴期开江—梁平地区的台盆在该地区的残余<sup>[13]</sup>;南部的石柱地区为黄绿色页岩夹极薄层粉砂岩沉积(图2);西南部长寿—丰都地区为灰质页岩与灰岩混合沉积;中部地区为深色的页岩与泥岩沉积。

高位期(HST)的沉积环境由前期的混积陆棚演变为碳酸盐岩台地,其中北部的梁平—万县地区的台盆相继续发育,其余地区则主要为开阔台地亚相沉积。石柱地区主要沉积了微晶灰岩、鲕粒灰岩、含白云质鲕粒砂屑灰岩,鲕粒灰岩所代表的鲕滩微相主要发育于本期的顶部层位,且滩体厚度较大,累积六十多米(图2);西南部长寿—丰都地区以滩间微相的泥微晶灰岩沉积为主,但大山1井所在区域也有鲕滩微相发育;中部区域沉积了滩间微相的厚层灰岩。

#### 2.3.2 SQ2层序

SQ2层序由海侵体系域(TST)、早期高位体系域(EHST)和晚期高位体系域(LHST)3部分构成。

海侵期继承了SQ1高位期的沉积特征,主要发育开阔台地亚相的泥晶灰岩、鲕粒灰岩、泥灰岩。北部的梁平—万县地区由台盆相沉积转变为开阔台地沉积,泥晶灰岩发育,夹有薄层钙质泥岩;南部的石柱地区为开阔台地亚相滩间微相沉积环境,沉积了深灰色中—厚层粉晶残余砂屑灰岩、亮晶生物碎屑鲕粒灰岩和灰色厚层含生物碎屑微晶灰岩(图2);西南部的长寿—丰都地区沉积了深色泥质灰岩、页岩;中部地区仍以厚层微晶灰岩为沉积特征。

高位体系域早期(EHST)以开阔台地亚相的鲕粒灰岩、微晶灰岩沉积为主,局部夹有泥灰岩,为鲕粒灰岩发育的高峰期,鲕滩分布广泛,可能具有较好的油气勘探价值。如石柱地区发育多期鲕粒灰岩(图2),西南部的长寿—丰都地区沉积了厚层的鲕粒灰岩。而发育于东北部的台盆被填平补齐,在本期不再发育。

高位体系域晚期(LHST,对应飞四段)沉积环境发生了改变,为局限台地亚相,泥岩中的钙质含量急剧减少,泥质含量增加。岩石类型有泥灰岩、灰质白云岩、膏岩等,颜色以紫红色、灰紫色为主,夹浅黄色(图3a)。南部冷水溪地区主要发育紫色

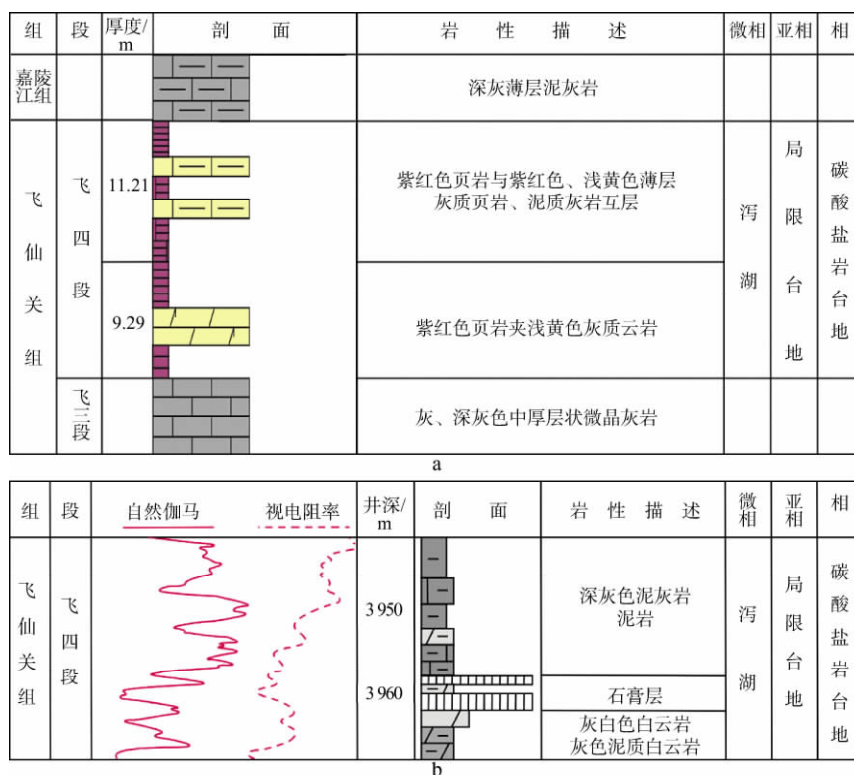


图3 石柱地区飞四段的岩性和沉积相(a)以及测井特征(b)

的泥岩、页岩和泥灰岩,中部夹有薄层粉砂岩;西南部的长寿—丰都地区有膏岩发育。该期沉积地层的厚度为 25~50 m,较为均一。

### 3 层序格架内有利储层的展布特征

在川东南地区,根据层序界面、岩性和岩相特征,综合分析了钻井资料和野外实测剖面,建立了

飞仙关组层序地层格架(图 4)。分析发现:①飞仙关组在川东南地区发育完好,未经历明显的侵蚀作用或无沉积作用;②SQ2 高位晚期对应飞四段(图 2),区域性分布的紫色、紫红色泥岩和页岩构成了良好的盖层;③鲕粒灰岩所代表的鲕滩微相在 SQ1 海侵期基本不发育,主要发育于 SQ1 高位期至 SQ2 高位早期,鲕滩发育情况在 SQ2 高位早期最好, SQ1 高位期次之, SQ2 海侵期最差。

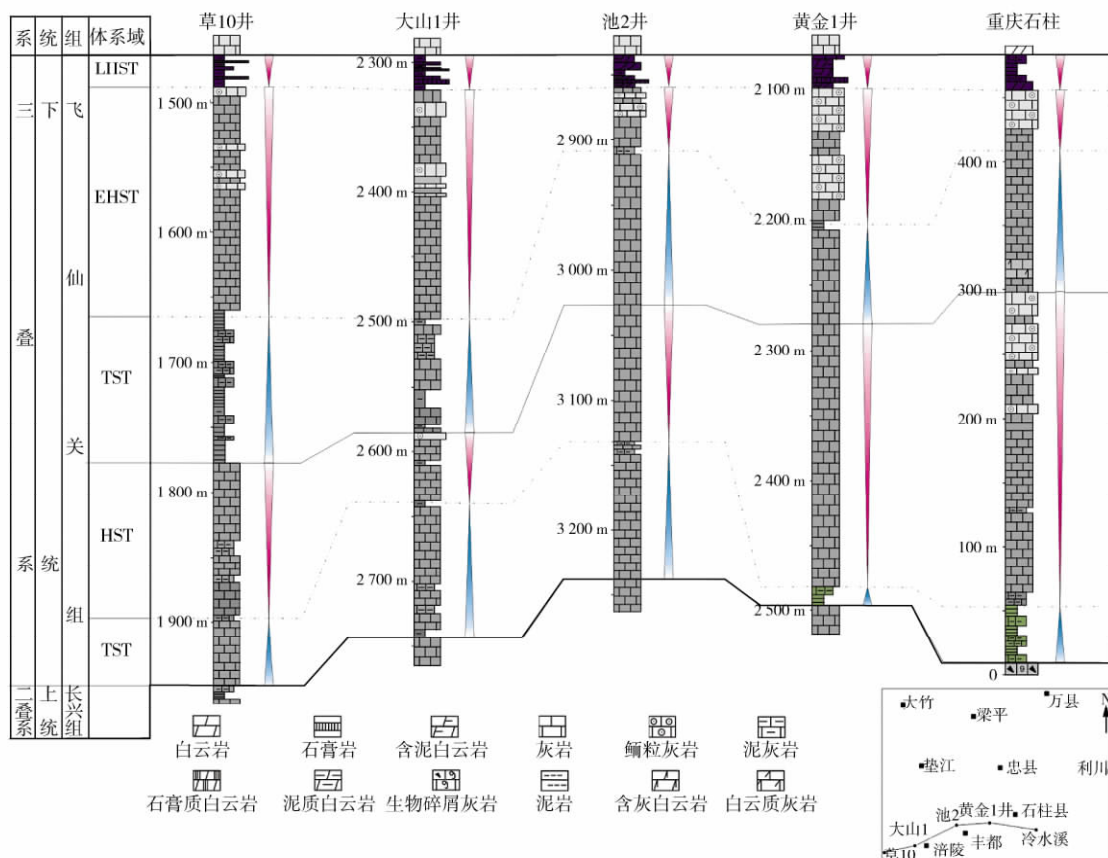


图 4 川东南地区下三叠统飞仙关组层序地层格架

以 SQ1 高位期和 SQ2 高位早期为对象,编制了川东南地区鲕滩展布特征图。

图 5 为川东南地区飞仙关组 SQ1 高位期鲕滩展布图。在 SQ1 高位期,川东南地区主要为开阔台地亚相沉积环境,发育于晚二叠世的开江—梁平地区的台盆—台地边缘相带在北部区域继续发育。由图 5 可见,本期主要发育有 6 处鲕滩,其中以天东 4 井—梁 7 井—天东 2 井限定区域的鲕滩面积最大,垫江地区和石柱地区两处的鲕滩面积较小,长寿—涪陵地区、池 9 井—洋渡 2 井地区、云安 8 井—石宝 1 井地区的鲕滩面积最小。本期鲕滩整体呈北西—南东向展布,这同开江—梁平“台盆”在研究区的展布特征类似,表明 SQ1 高位期川东南地区鲕滩的展布可能还受该台盆影响。

图 6 为川东南地区飞仙关组 SQ2 高位早期鲕滩展布图。在 SQ2 高位早期,川东南地区完全转变为开阔台地亚相碳酸盐岩沉积。由图 6 可见,本期鲕滩非常发育,共有 14 处,其中天东 14 井—张 1 井、龙 1 井—马 1 井和苟 1 井—草 10 井所在区域的鲕滩最为发育,分布范围最广,约占研究区总面积的 40%,总体展布特征与 SQ1 高位期截然相反,呈北东—南西向展布。

SQ1 高位期鲕滩的展布特征与发育于开江—梁平地区的“台盆”有关,可能是造成该台盆的深大断裂导致研究区地层呈北西—南东向线性隆升,形成了北西—南东向的水下高地,因此形成了图 5 所示的鲕滩展布特征。SQ2 高位早期鲕滩的展布受区域性沉积环境影响(图 1),这主要是因为 SQ2



成。SQ1 海侵期盆地主要沉积了混积陆棚环境下的泥灰岩；SQ1 高位期至 SQ2 高位早期盆地整体进入碳酸盐台地演化阶段；SQ2 高位晚期沉积环境改变为局限台地相，沉积了可以进行区域性对比的紫红色泥岩，形成了良好的盖层。

3) 鲕滩主要发育于 SQ1 高位期和 SQ2 高位早期。SQ1 高位期鲕滩空间展布方向为北西—南东向；SQ2 高位早期鲕滩展布方向以北东—南西向为主，分布广，数量多，具有潜在勘探价值。

参 考 文 献

- 1 穆曙光,周茂,华永川. 川东北地区下三叠统飞仙关组白云岩成因[J]. 天然气工业,1994,14 (3):23~30
- 2 曾萍,谭钦银,余谦,等. 四川盆地东北部飞仙关组浅滩,非浅滩与储层[J]. 沉积与特提斯地质,2003,23 (4):41~45
- 3 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
- 4 王维斌,苟洪才,邱彬,等. 四川盆地东部下三叠统嘉陵江组储层特征[J]. 天然气工业,2005,25(10):31~33
- 5 徐胜林,陈洪德,朱利东,等. 重庆石柱中三叠统巴东组沉积相研究[J]. 沉积与特提斯地质,2007,27(1):44~49
- 6 王长城,施泽进,张光荣,等. 川东南嘉陵江组储层地质特征及储层预测研究[J]. 西南石油大学学报,2008,30(1):8~10
- 7 李岩峰,刘殊,曾晓. 川东飞仙关组鲕滩储层地震响应特征及预测[J]. 石油物探,2005,44(3):236~239

- 8 李忠,雷雪,晏礼. 川东石炭系黄龙组层序地层划分及储层特征分析[J]. 石油物探,2005,44(1):39~43
- 9 Vail P R. Part 1: Seismic stratigraphy interpretation procedure [J]. Atlas of Seismic Stratigraphy: AAPG Studies in Geology,1987,27(11):1~10
- 10 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
- 11 王兴志,黄继祥,侯方浩,等. 四川资阳及邻区震旦系灯影组储层段沉积及层序地层学特征[J]. 西南石油学院学报,1996,18(3):1~9
- 12 刘殊,甘其刚. 海相及湖相碳酸盐岩储层预测——层序地层学技术在储层预测中的应用[J]. 石油物探,2003,42(2):169~178
- 13 马永生,牟传龙,郭彤楼,等. 四川盆地东北部长兴组层序地层与储层分布[J]. 地质前缘,2005,12(3):179~185
- 14 林良彪,陈洪德,朱利东,等. 重庆石柱中上二叠统沉积特征与层序地层[J]. 成都理工大学学报:自然科学版,2008,35(6):648~654
- 15 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. 1~730
- 16 钟怡江,陈洪德,朱利东,等. 重庆石柱下三叠统嘉陵江组沉积微相研究[J]. 成都理工大学学报:自然科学版,2008,35(6):655~662
- 17 陈洪德,钱奕中,刘文均. 层序地层学理论和研究方法[M]. 成都:四川科学技术出版社,1994. 1~50
- 18 李国军,郑荣才,唐玉林,等. 川东北地区飞仙关组层序——岩相古地理特征[J]. 岩性油气藏,2007,19(4):64~70

(编辑:蔡 俩)

\*\*\*\*\*

## 《石油物探》《勘探地球物理进展》2010 年联合征订启事

《石油物探》创刊于 1962 年,面向国内外公开发行人。《石油物探》为中文核心期刊,办刊宗旨为:介绍科研成果,推广先进技术,开展学术讨论,交流工作经验,直接为发展我国油气地球物理勘探事业服务。开设的栏目有:基础理论,方法技术,经验交流,学术论坛,问题讨论等。

《勘探地球物理进展》为国内外公开发行人刊物,着重介绍国内外勘探地球物理方面的新技术和新方法,以开展学术评论,探讨技术发展趋势、实用方法技术和勘探思路为主;目前设有专家论坛、综合评述、理论研究、方法技术、计算机理论与应用和国外油气勘探等主要栏目,并适时推出各类技术专辑,以充分反映国内外地球物理技术发展的新动态和新趋势。

两刊全彩色印刷,装帧精美。《石油物探》每册定价为 40 元,全年定价为 240 元。《勘探地球物理进展》每册定价为 30 元,全年定价为 180 元。热忱欢迎广大读者订阅。

发行地址:南京市卫岗 21 号石油物探研究所信息中心发行组

邮 编:210014

帐 户:中国石油化工股份有限公司南京石油物探研究所

银行帐号:4301010609100157066 开 户 行:南京市工商行孝陵卫支行

电 话:(025)84287600 (025)84287718