

# 开江—梁平海槽区带南段飞仙关组 层序—岩相古地理特征

谭先锋<sup>1,2</sup> 李 洁<sup>3,4</sup> 何金平<sup>5</sup> 彭 平<sup>6</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.重庆科技学院石油与天然气工程学院,401331;3.油气资源与探测国家重点实验室重庆页岩气研究中心,重庆 400042;4.外生成矿与矿山环境重庆市重点实验室,重庆地质矿产研究院,重庆 400042;5.中石化江汉油田勘探开发研究院,湖北 潜江 434000;6.中国石油西南油气田分公司重庆气矿,重庆 400021)

**摘要:**川东北飞仙关组蕴藏重要的油气资源,开江—梁平海槽区带南段地域广阔,具有较大的油气资源潜力。本文通过岩心观察、野外剖面、测井、录井以及室内薄片观察,对海槽区带南段飞仙关组层序—岩相古地理特征进行了研究。研究表明,该地区主要为连陆台地沉积模式,沉积相类型包括台地、斜坡、残留海槽;在层序界面识别基础上,将飞仙关组划分为 3 个三级层序,分别为 SQ1、SQ2、SQ3,每个三级层序分别划分出 TST、EHST、LHST 3 个体系域;以体系域为编图单元,详细讨论了各个层序体系域时期岩相古地理特征及演化;层序—沉积演化上,飞仙关期随着海槽的缩小,台地范围不断扩大,台地边缘滩和台内滩逐步向海槽方向推进,控制整个海槽南段的储层空间展布。

**关键词:**飞仙关组;层序;岩相古地理;开江—梁平海槽

**中图分类号:**P531;P539.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2012)03-0612-11

近年来,川东北地区飞仙关组层序、沉积、储层的研究越来越受到广大石油地质公司及科研人员的重视<sup>[1-12]</sup>。目前的勘探实践及前人研究表明,飞仙关组鲕滩气藏绝大部分在海槽东北侧,主要储层为白云岩,白云岩化成为川东北地区飞仙关组储层的关键<sup>[1-13]</sup>。而占整个川东地区面积近 3/5 的海槽南段,飞仙关组鲕滩气藏三级储量共  $240.14 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,仅占整个川东地区飞仙关组三级储量的 10.86%。海槽南段勘探程度相对较低,钻遇飞仙关组地层的井位,飞仙关组测试产气层不多,整个南段地区,约 13 口井。由于海槽南段广阔的地域优势,飞仙关组具有潜在的资源优势,虽然沉积环境和成岩作用与海槽东北侧具有较大的差异性,但早期对飞仙关组勘探认识的不足、研究程度不够,严重滞后的研究工作,势必影响海槽南段地区的勘探进程。因此,开展海槽区带南段飞仙关组层序—岩相古地理研究对油气勘探有着重要意义。

关于飞仙关组层序地层划分,历来有不同的观点。层序边界类型方面,有两种解释方案,牟传龙、吴应龙等将飞仙关组(印度阶)划分为一个 II 类三级层序,底界为 II 类层序界线,顶界为 I 类层序边界<sup>[14-15]</sup>。另一种观点认为上二叠统一飞仙关组归为一次三级海平面升降的产物,长兴末期为最大海侵期,飞仙关期处于该海平面的下降阶段<sup>[13]</sup>;层序划分方面,近几年来,有关川东北飞仙关组的层序地层学研究及编图成果屡见不鲜,这些成果中关于飞仙关组的层序地层划分也都有各家之言<sup>[11-13]</sup>。综合起来,飞仙关组为上二叠统一下三叠统二级层序的高位期基本达成共识<sup>[6-14]</sup>。即飞仙关组处于一个二级层序的海平面逐渐下降的时期已无可置疑。目前对于飞仙关组三级层序划分主要有两种不同的观点,一种划分方案将飞仙关组划分为 2 个三级层序<sup>[11-13]</sup>,另外一种划分方案主张将飞仙关组划分为 3 个三级层序(矿区内部科研报告)。关于层序—岩相古地理编图方面,也

有不少研究成果<sup>[11-13]</sup>,但重点针对海槽区带南段地区较少。本文在综合各种野外剖面、钻井、测井、地震资料的基础上,开展飞仙关组层序地层与岩相古地理的研究,为下一步海槽南段油气勘探开发提供依据。

### 1 地质背景

研究区范围为开江—梁平海槽南段,位于四川盆地东部,在区域上隶属川东中隆高陡构造区,包括龙会场、铁山南、云和寨、双家坝、胡家坝、龙门、黄泥塘、拔山寺、万顺场、石宝寨、高峰场等构造,勘探面积 7 600 km<sup>2</sup>(图 1)。区域构造上,川东下三叠统飞仙关组顶构造特征与二叠系阳新统阳顶构造特征具有许多相似性。它们都是以主干背斜与大断裂相伴生、并由大断裂所控制的高陡背斜带为主体呈北东向展布。地层划分上,飞仙关组按照四分,从飞一期—飞四时期,整体为海退过程,台地边缘逐渐向海槽推进的过程,发育规模较广的台地沉积。

### 2 沉积模式及沉积相特征

在几种典型沉积相标志研究的基础上,结合前

人研究成果,对飞仙关组沉积相、亚相、微相进行了详细划分。平面上,主要分布为连陆台地与海槽过渡地带(图 2)。由于海槽南段地区位于碳酸盐台地与梁平—开江残留海槽的交界处,主要包括碳酸盐台地相、浅海陆棚相及残留海槽相几个相带,每个相(带)内又包含几个亚相和微相(表 1),不同的层段发育沉积微相有所差别。纵向演化上,随着飞仙关期沉积发展,碳酸盐台地相在不断扩大,而陆棚相和残留海槽相相应逐渐缩小。飞仙关期碳酸盐台地沉积加积和进积特征明显,代表较强沉积水动力条件的鲕粒灰岩在台地边缘最发育,在台地内部其相对丰度降低。台地边缘逐渐从西南部地区向东北部的海槽地区进积,飞四期时,西南部碳酸盐台地已逐渐被补偿充填平,实现了地形地貌上的均一化,Trf<sup>4</sup>发育了一套区域性蒸发环境。

#### 2.1 碳酸盐台地相

海槽南段与海槽东北段沉积相模式有一定差异,为一连陆台地沉积相。岩石类型主要为灰、深灰色微晶灰岩、含生屑微晶灰岩、亮晶鲕粒灰岩、微晶生屑(砂屑、鲕粒)灰岩,少量白云岩、石膏岩及藻灰

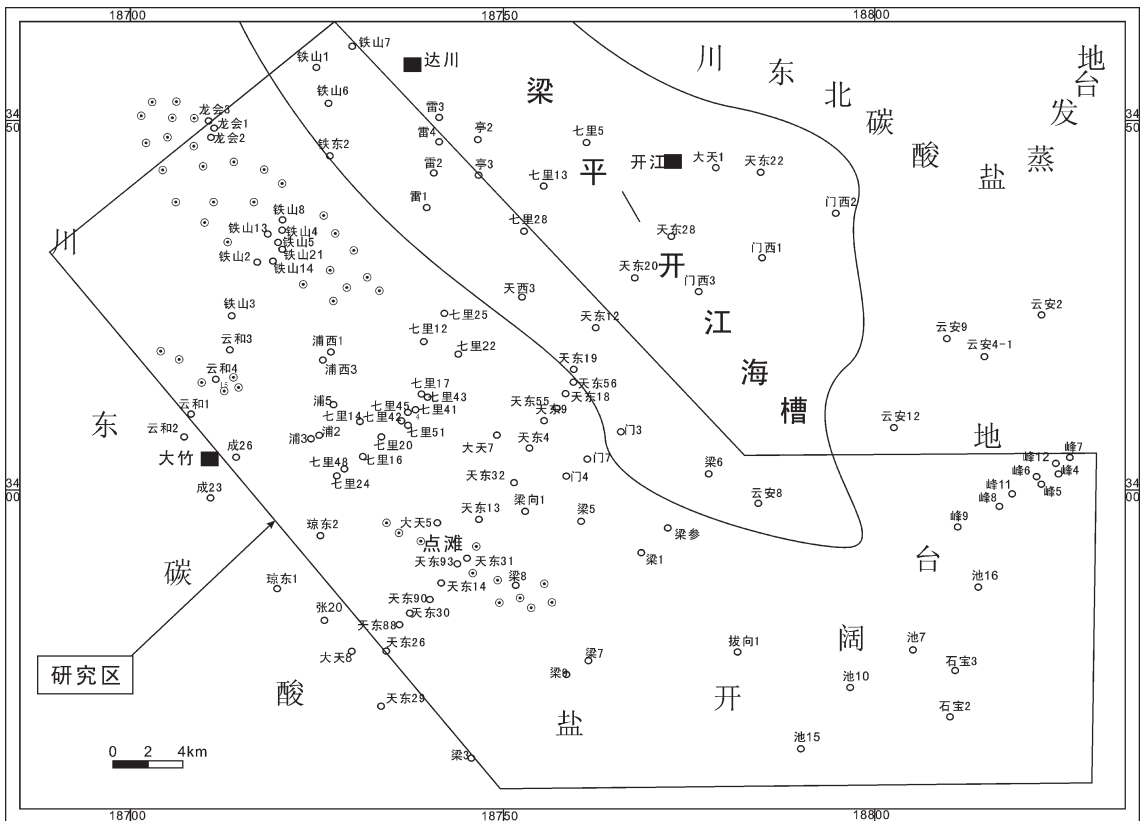


图 1 研究区工区位置图  
Fig.1 Location of the study area

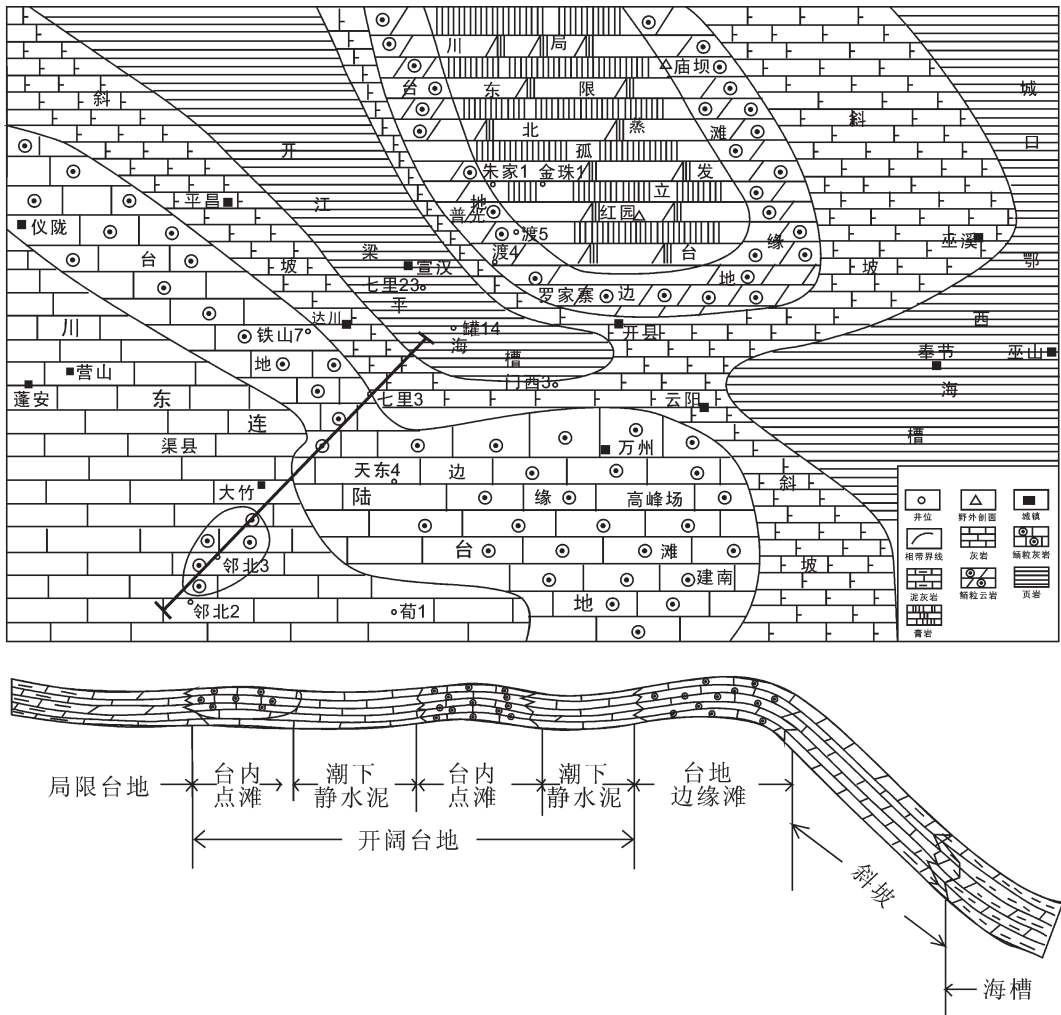


图 2 开江—梁平海槽区带南段飞仙关组沉积相分布模式图(据矿区资料修改)  
Fig.2 Sedimentary facies model of Feixianguan Formation in south sector of Liangping-Kaijiang ocean trough

表 1 开江—梁平海槽区带南段飞仙关组沉积相划分  
Table 1 Sedimentary facies classification of Feixianguan Formation in south sector of Liangping-Kaijiang ocean trough

相	亚相	微相	岩性特征	发育层位
碳酸盐台地	蒸发台地	膏云坪	泥微晶灰岩、膏云岩、石膏岩、膏云岩	飞四段
		膏盐湖	岩盐、泥微晶白云岩、膏岩	飞二段
	局限台地	潮坪	藻灰岩、泥微晶白云岩、(含颗粒)泥微晶灰岩	飞二至
		潟湖	泥灰岩、泥微晶灰岩、泥微晶白云岩	飞四段
	开阔台地	点滩	砂屑灰岩、鲕粒灰岩	
		潮下静水泥	泥微晶灰岩、微粉晶白云岩	飞一至
台内滩		鲕粒灰岩、砂屑鲕粒灰岩、鲕粒白云岩	飞三段	
台地边缘	台缘鲕滩	鲕粒灰岩、鲕粒白云岩	飞一至	
	滩间	泥微晶灰岩、泥微晶白云岩	飞三段	
陆棚海槽		泥微晶灰岩、泥灰岩、砾屑灰岩 泥岩、页岩、钙质泥岩、硅质岩	飞一、飞二 飞一段	

岩等。依据钻井、测井、岩心资料以及地球化学分析等资料。可将该连陆台地相进一步划分出台地边缘、开阔台地、局限台地、蒸发台地等 5 个亚相带。1) 台地边缘亚相: 该亚相主要分布于台地边缘, 研究表明, 飞仙关组台地边缘亚相主要分布于飞二段和飞三段, 纵向上由台地内部向海槽地区, 台地边缘逐渐抬升。台地边缘典型微环境主要有台缘鲕滩微相和滩间微相。2) 开阔台地亚相: 台地边缘亚相在研究区各个层段均有分布, 岩性为灰色中厚层泥粒—粒状灰岩和灰岩, 夹少量具粒序层理的砾屑灰岩和颗粒灰岩。水平层理、沙纹层理, 可见递变层理和冲刷面构造。生物遗迹化石较发育。开阔台地相内又可以分为潮下静水泥和台内点滩沉积微相, 这种沉积相类型在研究区分布比较广泛。3) 局限台地亚相: 局限台地在研究区主要分布在飞二段—飞四段, 随着开江梁平海槽的向北退去, 海槽西南部地区, 靠近西边地区, 如广安响水地区, 出现了局限台地。岩性主要以灰、深灰色微晶灰岩为主, 夹有云质微晶灰岩、球粒微晶灰岩及薄层生屑灰岩。局限台地中一般发育 3 种沉积微相, 主要是潮坪、潟湖、点滩 3 个微相。沉积构造以水平层理为主, 可见沙纹层理, 潜穴发育, 见瓣鳃、腹足类化石。滩间潟湖分布在台地高能滩体之间, 沉积的灰岩通常较薄, 分布范围较小, 常与鲕粒灰岩互层。有时明显咸化, 有石膏沉积。台地潟湖沉积较厚, 分布未受明显限制, 面积较大。其在测井曲线上表现为较高自然伽马, 低电阻率的特征。总体上讲, 开江—梁平海槽区带南段(本次研究区)飞仙关组中局限台地相相对不发育。潮坪微相水很浅、地势平坦的地带, 其位于潮间带或短期暴露于大气的潮上带环境, 水动力主要受潮汐作用控制。岩性为灰色中薄层微晶灰岩、藻纹层和鸟眼构造发育。有时可见小型潮汐层理、干裂、帐篷构造、流渠。4) 蒸发台地亚相: 飞四时期, 该时期海平面已降至飞仙关期以来的最低位置, 一方面是川东碳酸盐台地离大陆物源距离缩小; 另一方面通过飞仙关早、中期的补偿沉积作用, 原川中局限台地也逐渐被填平。川中、川东及川北相当大范围都成了地势均一的浅水台地。川东台地西侧大部分不再是康滇古陆陆源碎屑东进的障碍, 其本身已成为分布范围广、陆源泥质与碳酸盐混积的潮坪。蒸发台地亚相又可以进一步分为泥坪、泥云坪、云坪、膏质及云膏质等微相。在海域封闭且蒸发作用强烈的条件下, 相对地势低洼处, 易形成石膏

层沉积; 地势相对高凸处, 则形成准同生蒸发作用泥—粉晶白云岩, 其伴生有藻纹层、干裂、流渠、鸟眼、帐篷等特殊沉积构造。

## 2.2 斜坡—陆棚相

斜坡陆棚相主要分布于飞一段, 形成于位于浪基面之下的浅海沉积环境, 岩性为灰色、紫灰色微晶灰岩、泥质灰岩夹少量钙质泥岩。可见正常海相化石。水平层理发育, 可见粒序层理和风暴浪成砾屑灰岩。在研究区内, 陆棚相主要分布于铁山北和铁东飞一、二段中, 在海槽深处是在残留海槽被填了一段时间之后发育陆棚相。在海槽边缘则是在飞一时期发育陆棚相。陆棚相包括斜坡亚相沉积, 其以滑动变形构造和角砾岩为特征。

## 2.3 海槽(盆地)相

该类沉积相在研究区发育规模较小, 从本次研究工区的钻井剖面上看, 这种典型的海槽沉积在飞仙关一段底部有少量的发育, 特别是靠近东北部的地区, 早期被海槽所覆盖, 随着海平面的下降, 海槽退出整个西南部地区, 海槽就基本消失了。这种沉积特征一般是较细的泥岩、页岩、灰泥岩等。对于长兴组—飞仙关组二级构造层序来讲, 刚好这个时期的页岩组成了二级层序的凝缩段。

# 2 层序划分

层序划分的关键在于层序界面的识别, 开江—梁平海槽区带南段飞仙关组可识别出 4 个层序界面和 3 个最大海泛面(图 3)。研究区层序界面识别一直是个有争论的焦点, SB1 层序相当于飞一段底部与长兴组分界面, 以往研究者对该地区研究大多数认为是古暴露面, 即层序界面, 近年来, 越来越倾向于飞仙关组底部与长兴组为淹没型不整合界面。SB2 层序为飞二段底部, 不少学者之所以将飞一段与飞二段统一为一个三级层序, 主要考虑飞一段与飞二段之间层序界面不明显, 本次研究依据电测曲线及岩性剖面, 识别出飞一段与飞二段底部的界面为 SB2 界面, 常以泥质覆盖在灰岩之上为特征; SB3 层序界面为飞二段与飞三段的分界面, 该界面识别标志比较明显, 具有明显的岩电特征; SB4 层序界面为区域性的飞仙关组顶部与嘉陵江组的分界面, 该界面以泥灰岩、膏岩与嘉陵江组的灰岩分界, 区域对比性强。依据层序界面识别, 可将飞仙关组划分为 3 个三级层序, 分别为 SQ1, 相当于飞一段; SQ2 层

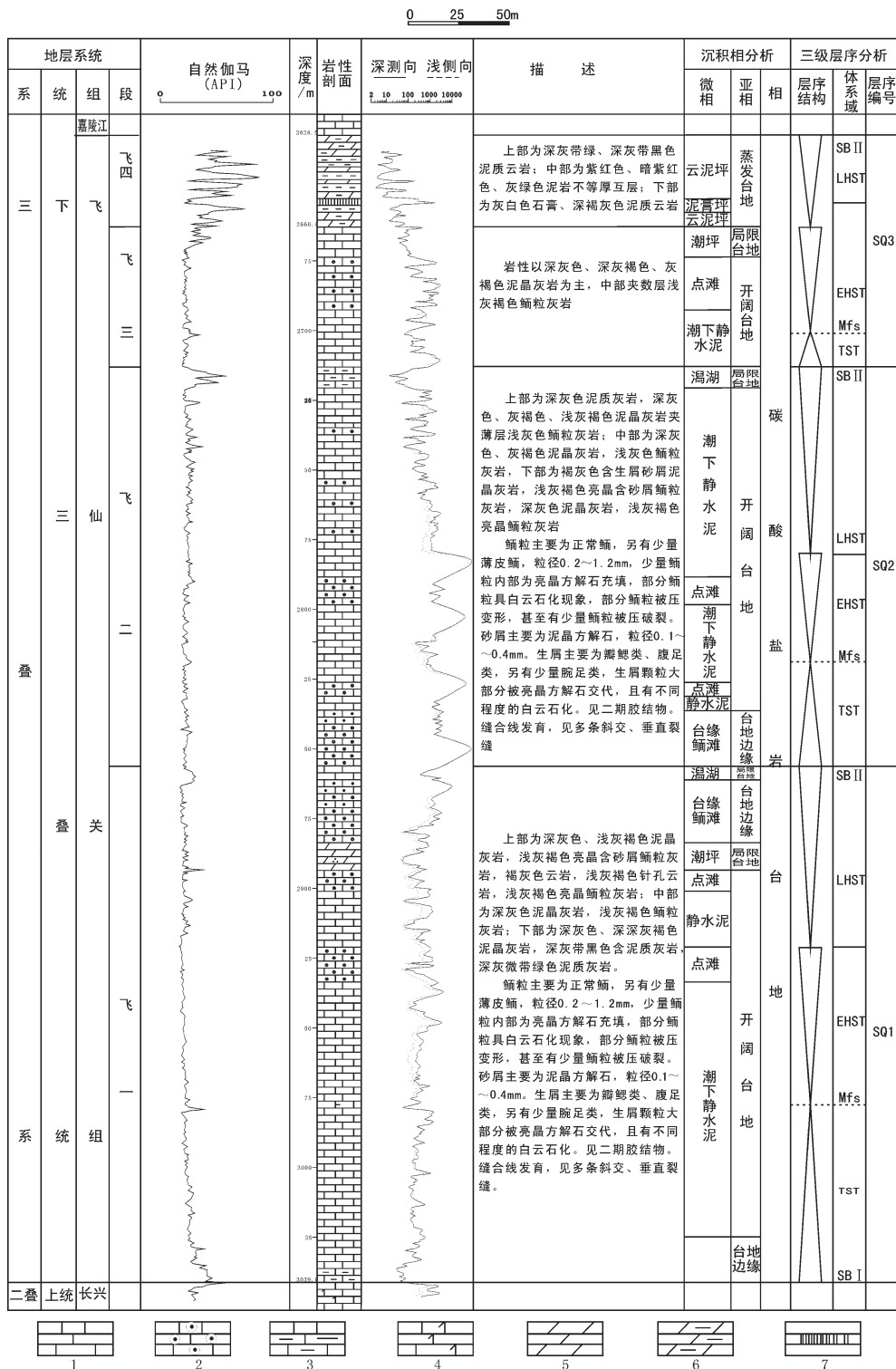


图3 开江—梁平海槽区带南段飞仙关组沉积—层序综合柱状图(铁山14井)

1—灰岩；2—鲕粒灰岩；3—泥灰岩；4—白云质灰岩；5—白云岩；6—泥质白云岩；7—石膏

Fig.3 Comprehensive column of sedimentary-sequence stratigraphy of Feixianguan Formation in south sector of Kaijiang-Liangping ocean trough (Well-Tieshan14)

1-Limestone; 2-Oolitic limestone; 3-Argillaceous limestone; 4-Dolomitic limestone; 5-Dolomite; 6-Argillaceous dolomite; 7-Gypsum

序,相当于飞二段,SQ3 层序,相当于飞三段—飞四段。每个层序可划分为海侵体系域 TST、早期高位体系域与 EHST 和晚期高位体系域 LHST(图 3)。

### 3 层序地层对比及格架

为了详细讨论 3 个层序的平面沉积古地理发育情况,本次研究以体系域为基本单元,对研究区内进行了三级层序对比,采用两种方式对比,一种是采用连陆台地向海槽做横向对比(图 4);一种是地区对比,采用横跨工区的纵向对比(图 5)。对比研究表明:

1)横向上,从台地—海槽(图 4),该地区层序对比性较好,层序演化过程对鲕滩的控制作用更加明显,穿时性更强;靠近台地内侧的天东 4 井,鲕滩主要分布在 SQ2 的高位时期,早期高位和晚期高位均

有,而天东 18 井和天东 19 井,鲕滩厚度较小,而且主要位于 SQ2 的晚期高位时期;随着海槽的迁移,鲕滩逐步向 SQ3 转移,因此到了天东 12 井区,鲕滩主要发育在 SQ3 时期的早期高位时期。天东 28 井区为斜坡相环境下的沉积。整个地区层序对比性强的是 SQ1 底界和 SQ3 顶界面,其余的界面对比特征不太明显。

2)纵向上,横跨整个工区(图 5),从龙会场—铁山南—云和寨—双家坝—七里峡—黄泥塘—高峰场地区,进行了层序等时格架对比。对比结果表明,龙会场地区,SQ1、SQ2 层序比较厚,层序界面特征比较明显;铁山地区也有相似的特征;双家坝—七里峡地区,由于该地区 SQ1 层序发育时期,处于斜坡相中,沉积厚度较大,该地区鲕滩最为发育的时期是在

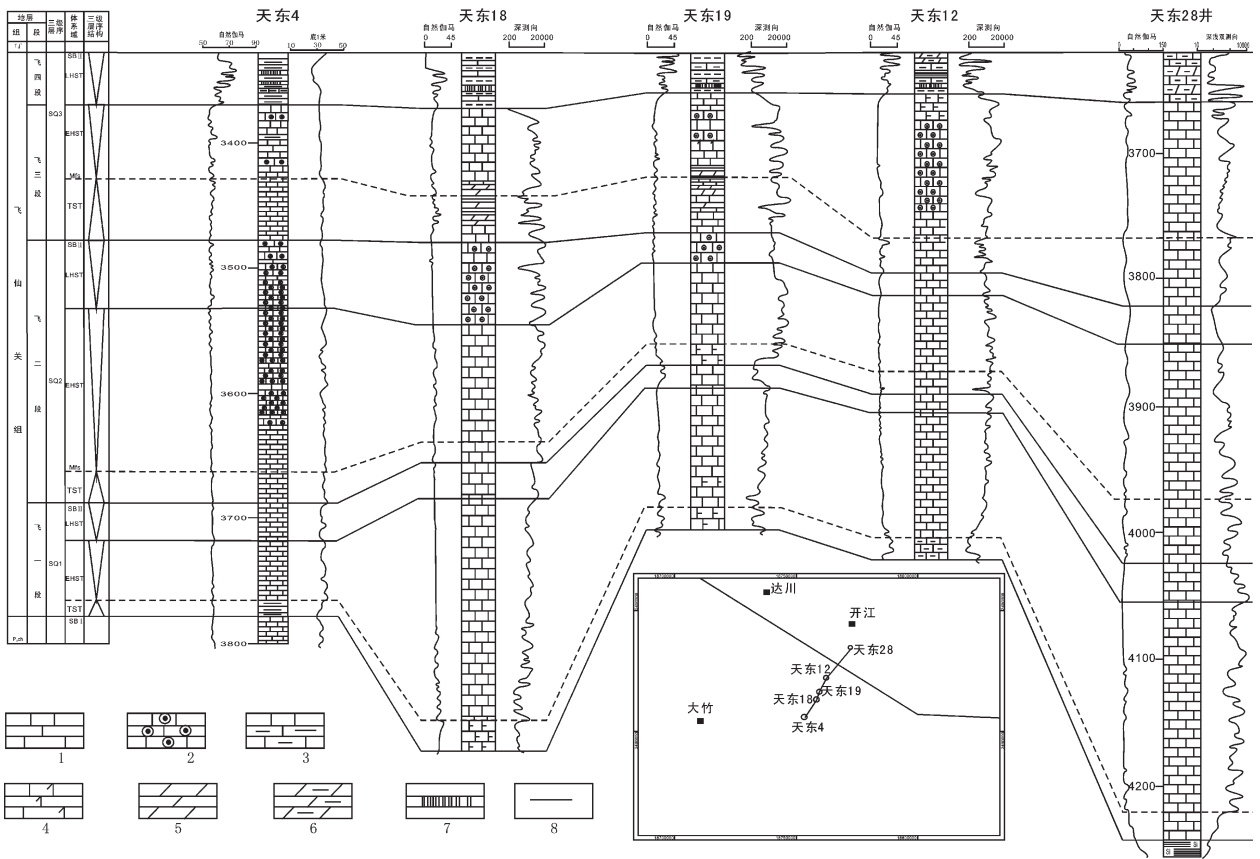


图 4 开江—梁平海槽区带南段飞仙关组层序地层对比及层序地层格架(横向)

- 1—灰岩;2—鲕粒灰岩;3—泥灰岩;4—白云质灰岩;5—白云岩;6—泥质白云岩;7—石膏;8—泥岩
- Fig.4 Sequence stratigraphic correlation and framework of Feixianguan Formation in south sector of Liangping-Kaijiang ocean trough
- 1-Limestone; 2-Oolitic limestone; 3-Argillaceous limestone; 4-Dolomitic limestone; 5-Dolomite; 6-Argillaceous dolomite; 7- Gypsum; 8- Mudstone

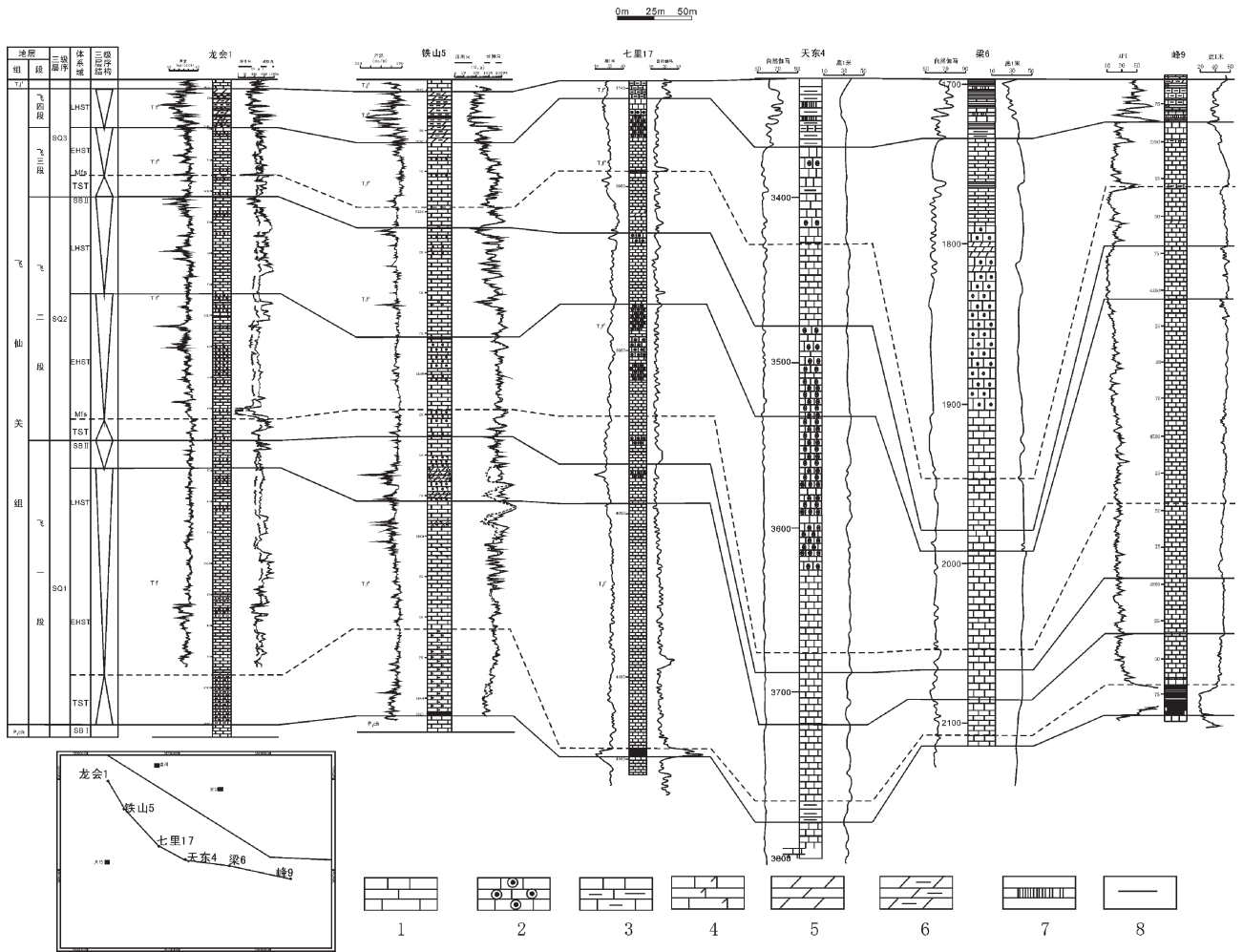


图5 开江—梁平海槽区带南段飞仙关组层序地层对比及层序地层格架(纵向)  
 1—灰岩;2—鲕粒灰岩;3—泥灰岩;4—白云质灰岩;5—白云岩;6—泥质白云岩;7—石膏;8—泥岩  
 Fig.5 Sequence stratigraphic correlation and framework of Feixianguan Formation in south sector of Liangping-Kaijiang ocean trough  
 1-Limestone; 2-Oolitic limestone; 3-Argillaceous limestone; 4-Dolomitic limestone; 5-Dolomite; 6-Argillaceous dolomite; 7-Gypsum; 8-Mudstone

SQ2 早期高位时期—晚期高位时期;大天池地区与七里峡地区有类似的分布,但天东4井区鲕滩在SQ2 沉积厚度较大;黄泥塘、高峰场地区,该地区SQ1 时期沉积厚度较小,鲕滩主要沉积时期是在SQ3 的早期高位时期。SQ1 层序对比性不是很好,龙会地区在该时期处于开阔台地—台地边缘斜坡环境,高峰场地区主要为盆地环境,SQ2 层序主要在天东地区发育大套鲕粒滩;SQ3 层序在梁6井区,沉积厚度很大。总体上讲,不同地区各个时期的沉积厚度不一样,层序对比性较差,关键界面,如层序界面、最大海泛面有的地区比较明显,如龙会地区和铁山地区。

3)通过横向和纵向的层序地层对比,可以看出:梁平开江海槽区带南段层序地层对比性不强,层序

界面在台地边缘较容易识别,在斜坡及台地环境下识别较困难,海泛面的识别特征不是很明显,少数并位的凝缩段特征比较明显。

## 4 层序-岩相古地理演化

### 4.1 SQ1 海侵时期(TST)层序岩相古地理特征

该时期由于继承了长兴组的沉积格局,处于最大海泛面附近,研究区受海槽影响比较大,主要发育斜坡相和海槽沉积(图6-A),该时期天东4井区发育大量深灰色页岩,指示了海槽的沉积特征。其他地区均分布了较多的泥微晶灰岩和泥质灰岩类。地层厚度总体较薄,但北部地区相对较厚。总之,该时期以斜坡-海槽沉积为主要类型。

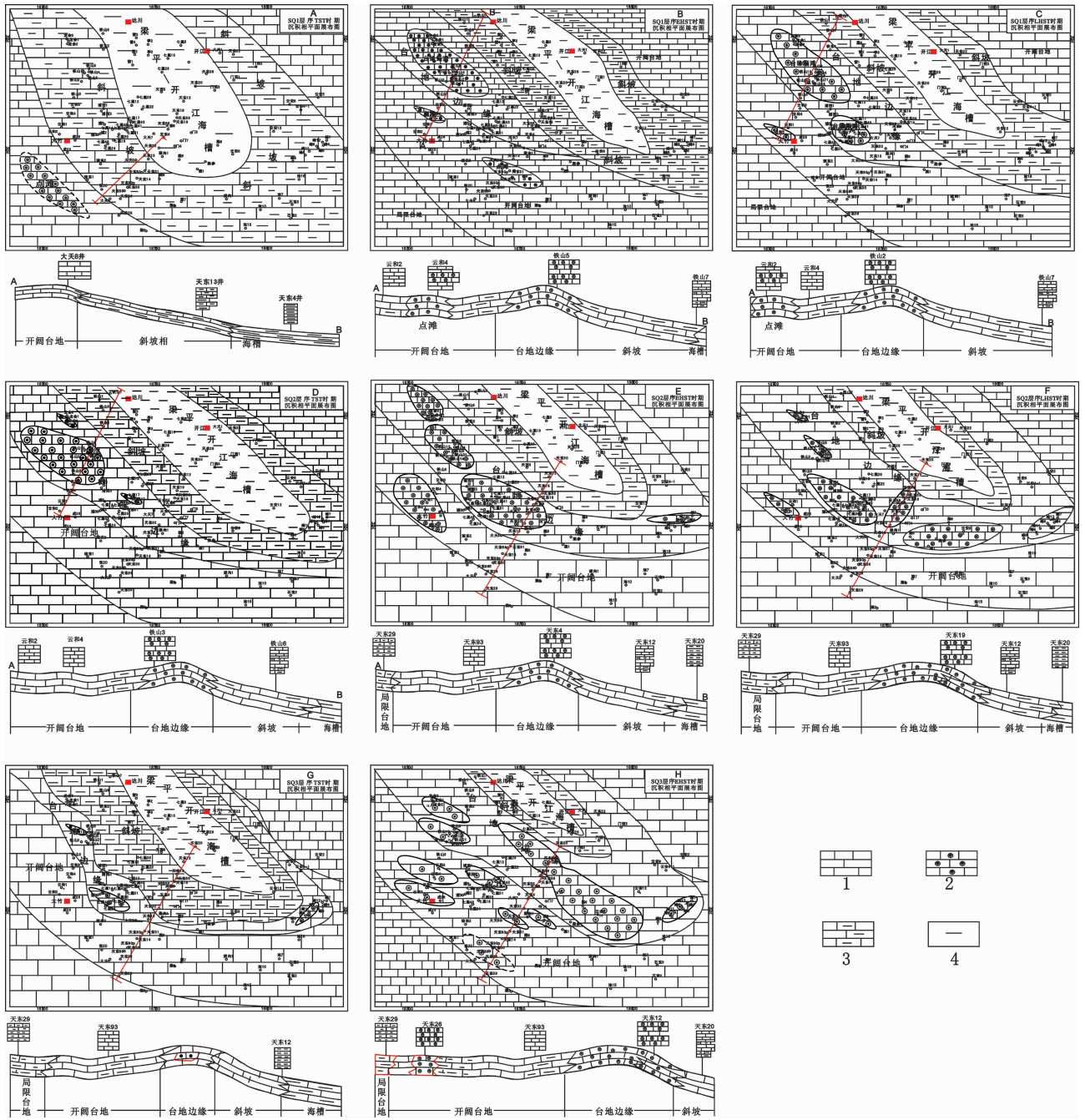


图 6 开江—梁平海槽区带南段飞仙关组层序—岩相古地理图(SQ1-SQ3)

1—灰岩;2—鲕粒灰岩;3—泥灰岩;4—泥岩

Fig.6 Sequence-lithofacies paleogeographic map of Feixianguan Formation in south sector of Liangping-Kaijiang ocean trough (SQ1-SQ3)

1-Limestone; 2-Oolitic limestone; 3-Argillaceous limestone; 4-Mudstone

### 4.2 SQ1 早期高位时期 (EHST) 层序岩相古地理特征

该时期是开江—梁平海槽第一次开始缩小的时期,随着海平面的降低,海槽范围的缩小,碳酸盐台

地边缘的不断加积建隆,海槽西南段地区局部地方开始出现台地边缘鲕滩沉积。鲕滩的分布主要集中在北部地区,这可能跟北部地区最早进入台地边缘滩沉积有关,靠近海槽北部,建隆速度较快,就其鲕



滩厚度来讲,总体都较薄,且与台地边缘滩间呈交互沉积(图6-B)。而南部的黄泥塘地区和高峰场地区,如峰4、峰15、梁6等井区,由于处于斜坡地带,不发育鲕滩沉积,沉积地层厚度较小,该时期总体的地层分布为北部厚,南部薄的特征。沉积总体格局较海侵期有较大的变化,首次出现了开阔台地-台地边缘-斜坡的沉积格局。

#### 4.3 SQ1 晚期高位时期(LHST)层序岩相古地理特征

该时期总体上跟早期高位时期沉积格局相似(图6-C)。随着海平面第一次的持续下降,海槽范围的不断缩小,碳酸盐台地边缘的不断加积建隆,海槽西南段地区局部地方开始出现台地边缘鲕滩沉积。鲕滩的分布主要集中在北部地区,这可能跟该地区长兴晚期发育生物强烈建造,地势较高有关,因而,北部地区最早进入台地边缘滩沉积有关,靠近海槽北部,建隆速度较快,就其鲕滩厚度来讲,总体都较薄,且与台地边缘滩间呈交互沉积。而处于开阔台地之中的云和井区,云和2井和云和4井的点滩位置呈交互出现。沉积厚度的变化趋势与前一个时期总体相似。而南部的黄泥塘地区和高峰场地区,如峰4、峰15、梁6等井区,由于处于斜坡地带,不发育鲕滩沉积,沉积地层厚度较小,该时期总体的地层分布为北部厚,南部薄的特征。

#### 4.4 SQ2 海侵时期(TST)层序岩相古地理特征

该时期为第二个三级旋回的海侵时期,从图6-D可以看出,海槽范围有局部小范围的扩大,如铁山1、铁山7井区有局部的海槽影响造成的沉积特征。台地边缘相带沉积有所扩大,开始影响南部的黄泥塘地区,但是这时尚未出现台地边缘鲕滩沉积。尽管该时期有少量鲕滩沉积,但鲕滩沉积厚度不大,如铁山地区鲕滩沉积厚度不大。从地层的角度上讲,西北部地区地层厚度开始变薄,而南部地区地层厚度开始变厚(图6-D)。总之,该时期沉积相展布基本上继承了SQ1时期的沉积格局,海槽有小规模的扩大。

#### 4.5 SQ2 早期高位时期(EHST)层序岩相古地理特征

该时期的沉积古地理格局较前几个时期有较大变化,主要体现在以下几个方面:1)沉积厚度上,北部、中部和南部在发生变化,北部地区沉积厚度开始变薄,中部地区沉积厚度开始变厚,南部也开始变厚(图6-E)。2)滩体分布开始向中部迁移,反映了南部

台地边缘的建隆作用增强,台地边缘的增生作用使南部开始出现较多的鲕滩沉积体。3)局限台地开始影响整个地区,由于海槽的持续后退,台地向前推进,局限台地也开始由更西南部的川中地带向东北方向移动,这促使局限台地在研究区的扩大。

#### 4.6 SQ2 晚期高位时期(LHST)层序岩相古地理特征

该时期是飞仙关组一个重要的鲕滩发育时期,随着海平面的持续下降,台地边缘范围扩大,逐步成为研究区的主要沉积相带。该时期的沉积相主要有以下几个特点:1)台地边缘相带范围扩大,成为研究区的主要沉积相带,边缘滩体在南部的增生作用变强,并成为主要的储集体相带;2)海槽范围继续缩小,前一时期的斜坡相沉积在研究区有大规模的减小,天东19井区逐步演化成了台地边缘相带(图6-F)。3)南部的高峰场地区随着南部地区的沉积相带的推进,开始进入台地边缘相带沉积,沉积厚度开始增厚。4)局限台地规模逐步增大,水体变浅,逐步开始影响到天东88井区,开阔台地也逐步向盆地推进。

#### 4.7 SQ3 海侵时期(TST)层序岩相古地理特征

该时期是飞仙关沉积期的第三个海平面上升旋回,由于海平面的上升,海槽范围的扩大,研究区的沉积格局发生了较大的变化(图6-G)。主要表现为:1)台地边缘沉积大规模减小,只在七里峡地区有少量的分布,高峰场地区有少量的鲕滩沉积;2)斜坡相沉积范围比较广,占据了研究区的大部分地方。3)开阔台地范围有所减少,天东93井区仍然属于开阔台地的沉积环境。4)沉积厚度南部较厚,北部较薄(图6-G)。总之,该时期由于受海平面的上升的影响,海槽有小范围的扩大,地区沉积格局改变较明显。

#### 4.8 SQ3 早期高位时期(EST)层序岩相古地理特征

该时期是飞仙时期的层序晚期,也是三级层序的早期高位期,层序演化进入了晚期。沉积格局有很大的变化(图6-H)。该时期沉积厚度变化较大,南部厚度较大。沉积相展布主要有以下几个特点:1)海槽范围大规模变小,图中显示,海槽在该时期范围很小,基本退出了整个研究区,天东20井区开始接受斜坡沉积。2)台地规模很大,研究区主要是台地边缘和开阔台地所占据,台地边缘滩比较发育,特别是南部的黄泥塘、拔山寺、高峰场地区鲕滩比较发育。沿着天西—黄泥塘—云安场,鲕滩规模比较大;3)开阔台地的点滩比较发育,该时期开阔台地范围较广,其间发育了较多的点滩,砂屑滩等颗粒岩沉积。

## 5 结 论

1)开江—梁平海槽区带南段为连陆台地沉积模式,发育有台地相、斜坡相和海槽相 3 种沉积相类型,各个沉积微相均有发育。不同时期沉积相类型有所差异,反映了海槽逐渐向北部退去的演化过程。

2)依据层序界面识别标志,本次研究将研究区飞仙关组划分为 3 个三级层序,分别为 SQ1、SQ2、SQ3。每个层序分别发育 TST、EHST、LHST 3 个体系域。层序具有可对比性较好,依据层序体系域划分,进行层序—岩相古地理编图。

3)SQ1 层序:TST 时期,研究区总体处于水体较深的环境,海槽覆盖面积较大,为海槽—斜坡沉积相类型为主;EHST 时期,由于海槽逐渐向北部退去,研究区开始出现台地边缘沉积,台内沉积等;LHST 时期,台地边缘面积扩大,水体变浅。SQ2 层序:TST 时期,海槽规模有小规模的扩大,台地边缘滩沉积有缩小的趋势;EHST 时期,海槽再次向北部退去,研究区内总体处于台地沉积,出现较大规模台内滩沉积和台地边缘滩沉积;LHST 时期,由于海槽持续减小,南部高峰场等地区开始出现较大规模的台地边缘滩沉积。SQ3 层序:TST 时期,局部受海侵的影响滩规模减小,EHST 时期,整个研究区台地向海槽推进,基本为台地所覆盖,发育较大规模的台内滩和台地边缘滩沉积,需要指出,由于 LHST 时期整个川东北地区演变成均一化蒸发环境,没有进行岩相古地理编图。

4)层序发育不同时期,沉积古地理特征有所差异,各个层序高位时期,发育较大规模的滩沉积,这些滩沉积虽不及海槽东北侧的储集性能好,但对整个海槽南段广大地区的石油勘探具有一定的指示意义,如能配合构造、溶蚀等其他因素,可以形成规模油气藏。

## 参考文献 (References):

- [1] 魏国齐,陈更生,杨威,等.川北下三叠统飞仙关组“槽台”沉积体系及演化[J].沉积学报,2004,22(2):254-259.  
Wei Guoqi, Cheng Gengsheng, Yang Wei, et al. Sedimentary system of platformal trough of Feixianguan Formation of Lower Triassic in Northern Sichuan Basin and its evolution [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22 (2):254-259 (in Chinese with English abstract).
- [2] 杨威,魏国齐,金惠,等.川东北飞仙关组滩沉积层成岩作用和孔

- 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).
- [3] 杨雨,王一刚,文应初,等.川东北飞仙关组沉积相与滩气藏的分布[J].天然气勘探与开发,2001,24(3):18-21.  
Yang Yu, Wang Yigang, Wen Yingchu, et al. Sedimentary facies and oolitic beach gas reservoir distribution of the Feixianguan formation in the northeastern Sichuan Basin[J]. Gas Exploration and Development, 2001, 24 (3):18-21 (in Chinese with English abstract).
- [4] 陈宗清.论四川盆地三叠统飞仙关组天然气勘探[J].石油学报,2007,28(5):12-19.  
Chen Zongqing. The Lower Triassic Feixianguan Formation gas exploration on the Sichuan Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2007, 28 (5):12-19(in Chinese with English abstract).
- [5] 谭先锋,胡明毅.川东北地区下三叠统飞仙关组白云岩储层研究[J].四川地质学报,2010,30(2):154-156.  
Tan Xianfeng, Hu Mingyi. Dolostone of Feixianguan formation of lower Trias in northeast of Sichuan [J]. Acta Geologica Sichuan, 2010, 30(2):154-156(in Chinese with English abstract).
- [6] 王身建,郑超,雷卞军,等.川东铁山地区飞仙关组鲕粒白云岩成因分析[J].河南石油,2004,18(6):13-14.  
Wang Shenjian, Zheng Chao, Lei Bianjun, et al. Oolitic dolomite cause analysis of the feixianguan formation of Tieshan area of northeastern of Sichuan Basin [J]. Henan Petroleum, 2004, 18 (6):13-14(in Chinese with English abstract).
- [7] 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类型[J].天然气工业,1994,14(3):23-27.  
Mu Shuguang, Zhou Mao, Hua Yongchuan. The type of dolomite causes of Feixianguan Formation of the Triassic in northeastern of Sichuan Basin[J]. Gas Industry, 1994, 14 (3):23-27.
- [8] 雷卞军,唐楷,邓超,等.四川广安市响水飞仙关组剖面特征及地质意义[J].中国地质,2007,34(1):66-72.  
Lei Bianjun, Tang Kai, Deng Chao, et al. Characteristics of the section of the Feixianguan Formation at Xiangshui Village, Guang'an, Sichuan, and its geological significance [J]. Geology in China, 2007, 34(1):66-72(in Chinese with English abstract).
- [9] 张静,王一刚.四川宣汉河口地区飞仙关早期碳酸盐蒸发台地边缘沉积特征[J].天然气工业,2003,23(2):19-22.  
Zhang Jing, Wang Yigang. Deposition characteristics of carbonate evaporation Table Land edge of early Feixianguan stage of Hekou area of Xuanhan in Sichuan [J]. Gas Industry, 23 (2):19-22 (in Chinese with English abstract).
- [10] 彭平,文敏,孟琳.川东地区飞仙关组沉积模式对储层展布特征的影响[J].天然气勘探与开发,2004,27(2):5-10.  
Peng Ping, Wen Min, Meng Lin. Influences over reservoir spreading characteristics by sedimentation models of feixianguan formation in east Sichuan region [J]. Gas Exploration and Development, 2004, 27 (2):5-10 (in Chinese with English abstract).

- [11] 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.  
Li Guojun, Zheng Rongcai, Tang Yulin, et al. Sequence-based lithofacies and paleogeography of Lower Triassic Feixianguan Formation in northeastern Sichuan Basin [J]. Lithologic Reservoirs, 2007, 19(4):64-70(in Chinese with English abstract).
- [12] 周琦, 卓胜广, 魏国齐, 等. 四川盆地北部下三叠统飞仙关组层序地层分析[J]. 地层学杂志, 2008, 32(4):406-409  
Zhou Qi, Zhuo Shengguang, Wei Guoqi, et al. sequence stratigraphic analysis of the lower Triassic Feixianguan formation in northern Sichuan basin [J]. Journal of Stratigraphy, 2008, 32(4):406-409(in Chinese with English abstract).
- [13] 郑荣才, 罗平, 文其兵, 等. 川东北地区飞仙关组层序-岩相古地理特征和鲕滩预测[J]. 沉积学报, 2009, 27(1):1-8.  
Zheng Rongcai, Luo Ping, Wen Qibing, et al. Characteristics of Sequence-based Lithofacies and paleogeography, and prediction of Oolitic Shoal of the Feixianguan Formation in the Northeastern Sichuan [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(1):1-8(in Chinese with English abstract).
- [14] 牟传龙, 吴应林. 中国南方三叠纪层序地层及海平面变化[J]. 岩相古地理, 1991, 19(2):20-26.  
Mu Chuanlong, Wu Yinglin. Sequence stratigraphy and sea level change in Triassic in south of China [J]. Lithofacies and Paleogeography, 1991, 19(2):20-26 (in Chinese with English abstract).
- [15] 戴荔果, 郑荣才, 李爽, 等. 川东-渝北地区飞仙关组层序-岩相古地理特征[J]. 中国地质, 2009, 36(1):110-119.  
Dai Liguang, Zheng Rongcai, Li Shuang, et al. Sequence-based lithofacies and paleogeography of Lower Triassic Feixianguan Formation in eastern Sichuan and northern Chongqing area [J]. Geology in China, 2009, 36(1):110-119(in Chinese with English abstract).
- [16] 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, 36(5):1055-1065  
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, 36(5):1055-1065 (in Chinese with English abstract).
- [17] 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, 20(4):73-79.  
Ma Yongsheng, Mu Chuanlong, Guo Tonglou, et al. Sequence stratigraphy and reservoir distribution of Feixianguan formation in eastern Sichuan basin [J]. Minerals and Rocks, 2005, 20(4):73-79 (in Chinese with English abstract).

## Sequence-lithofacies paleogeographic characteristics of Feixianguan Formation in southern sector of Kaijiang-Liangping ocean trough

TAN Xian-feng<sup>1,2</sup>, LI Jie<sup>3,4</sup>, HE Jin-ping<sup>5</sup>, PENG Ping<sup>6</sup>

(1. State Key Laboratory for Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan China; 2. Chongqing University of Science and Technology, Chongqing 401331, China; 3. Chongqing Key Laboratory of Exogenic Mineralization and Mine Environment, Chongqing Institute of Geology and Mineral Resource, Chongqing, 400042, China; 4. Chongqing shale gas Research Center of State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting, Chongqing, 400042, China; 5. Institute of Exploitation and Development of Jiangnan Oil Field, Qianjiang, 434000, Hubei, China; 6. Chongqing Gas District of Southwest Oil and Gas Company of CNPC, Chongqing 400021, China)

**Abstract:** There are many important oil-gas resources in Feixianguan Formation of northeast Sichuan. The south sector of Liangping-Kaijiang ocean trough is very extensive and has many important potential oil-gas resources. Based on an analysis of rock core, field cross section, logging, well logging and thin-section observation data, the authors studied the sequence-lithofacies paleogeographic characteristics of Feixianguan Formation in south sector of Liangping-Kaijiang ocean trough. The result indicates that the sedimentary model of the study area belongs to the attached land platform which includes the platform, sloping ground, and residual ocean trough facies. Based on the sequence interface identification, the authors divided the Feixianguan Formation into three third-level sequences, namely SQ1, SQ2, and SQ3. Each of the sequence is divided into three system tracts, i.e., TST, EHST, and LHST. With the system tract as the unit of the sequence-lithofacies paleogeographic map, this paper discusses in detail the lithofacies paleogeographic characteristics and evolution of various sequence system tracts. With the reduction of the ocean trough, the attached land platform expanded gradually, the platform edge beach and intra-platform beach gradually advanced to the ocean trough, which controlled the reservoir distribution.

**Key words:** Feixianguan Formation; sequence; lithofacies paleogeography, Kaijiang-Liangping ocean trough