

文章编号:1009-3850(2011)01-0042-06

元坝气田下三叠统飞仙关组层序地层研究

刘欣¹, 傅恒^{1,2}

(1. 成都理工大学能源学院, 四川 成都 610059; 2. 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)

摘要: 本文根据岩芯、岩石薄片、钻井和地震等资料的研究成果, 将川东北元坝地区飞仙关组划分为两个三级层序: SQ1 相当于飞仙关组一段、二段, SQ2 相当于飞仙关组三段、四段。SQ1、SQ2 由海侵体系域和高位体系域构成, 缺少低位体系域。SQ1—TST 期, 元坝地区主要位于浅水碳酸盐台地上, 为开阔台地相沉积, 靠近东部为陆棚斜坡相沉积, 从西到东依次发育开阔台地—台地边缘—斜坡相沉积。SQ1 层序沉积时期, 全区呈现西薄东厚的楔形几何形体。SQ2 层序沉积时期, 由于 SQ1 期的填平补齐作用, 致使研究区整体演变为浅水碳酸盐台地沉积, 沉积格局差异不大, 以海侵和高位体系域为特征, 对应海侵期的开阔台地和高位期的蒸发台地沉积。

关键词: 层序地层对比; 飞仙关组; 元坝地区

中图分类号: TE121.3⁺4

文献标识码: A

川东北三叠系飞仙关组是我国重要的天然气储集层, 可采储量已达到 $5000 \times 10^8 \text{ m}^3$ [1, 2]。众多地质学家对川东北地区飞仙关组层序地层进行了一系列研究, 取得了丰硕成果 [3-6]。马永生等 [7] 通过对南桥亭及 PG2 井等典型剖面进行研究, 将飞仙关组划分为两个三级层序; 李国军等 [8] 将川东北飞仙关组划分为两个三级层序, 并认为第 1 个三级层序为 I 型层序, 第 2 个三级层序为 II 型层序。本文以层序地层学理论为指导, 对川东北元坝地区飞仙关组层序地层进行研究, 将元坝地区飞仙关组划分为两个三级层序 SQ1 和 SQ2 4 个体系域, 并进行地层横向对比。

1 研究区概况

元坝地区位于川东北通南巴背斜构造带西南侧的一个大型低缓构造带, 其西北为九龙山背斜构造带, 东北为通南巴构造带 (图 1)。通南巴构造带的西南翼倾没端已伸入元坝地区, 其南地层缓慢抬升, 直至川中平缓构造带 [9]。

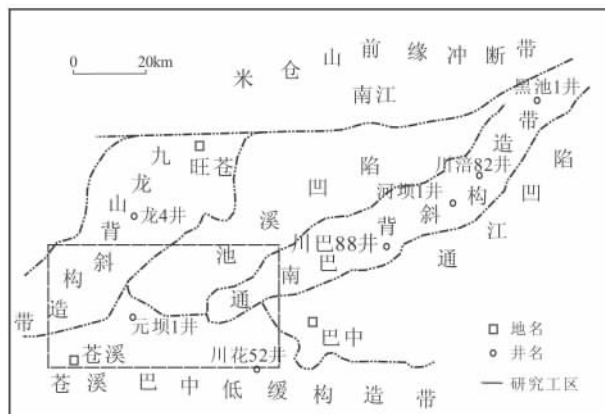


图 1 川东北元坝地区地理及构造位置 (据段金宝修改)

Fig. 1 Location of the Yuanba region in northeastern Sichuan

自印支运动以来, 川东北地区经历了 3 个构造演化阶段, 分别为印支期的推覆挤压构造阶段, 晚印支—早燕山期、晚燕山—早喜山期的北东向推挤、挤压构造阶段和晚喜山期的逆冲推覆叠加构造。

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, 以沉积台地相的浅水碳酸盐岩

收稿日期: 2010-06-28; 改回日期: 2010-07-26

作者简介: 刘欣 (1983—), 男, 硕士研究生, 研究方向为含油气盆地地震地层学与层序地层学。E-mail: liuxinprodigy@163.com

为发育特征。川东北元坝地区飞仙关组发育完好，可划为飞一段、飞二段、飞三段和飞四段。飞一段为灰色灰岩、含泥灰岩夹灰色含云灰岩，岩性比较简单。飞二段为灰色鲕粒灰岩。砂屑灰岩夹薄层灰色灰岩，鲕粒灰岩中，鲕粒以薄皮鲕为主，粒间部分颗粒支撑，部分杂基支撑。胶结物有泥晶及亮晶，以泥晶为主，亮晶次之。飞三段岩性以紫红色、灰紫色泥质灰岩为主，夹浅灰色泥质灰岩。飞四段为灰白色石膏岩、浅灰色石膏质白云岩夹绿灰色白云质泥岩、浅灰色云质硬石膏岩。

2 层序地层分析

层序级次划分实质就是对构造运动特征及不整合面级别的识别与划分，不同级别层序地层界面的识别是进行层序划分及建立层序地层格架的基础。层序界面的识别标志很多，但是这些识别标志中最可靠最易操作的识别标志是岩芯岩相标志、测井标志、地震反射界面标志。另外古生物标志、地球化学指标也可以作为层序界面的辅助识别标志^[11]。本文充分利用岩芯、岩石薄片、测井和地震等资料，将飞仙关组划分为两个三级层序。

2.1 层序界面特征

三级层序界面是体现盆地构造演化特征的分界面，常与盆地内部的构造演化、沉积物供给、湖平面变化、气候特征及所形成的古地理环境等因素的变化转换联系在一起^[12]。元坝地区飞仙关组共发育两个

三级层序，对应的层序界面分别为 SB1、SB2 和 SB3。SB1 界面是长兴组与飞仙关组的分界面。在岩性上，界面上下岩性差异较大，界面下为一套白云岩，界面上为微晶灰岩及含泥微晶灰岩，反映沉积环境的变化导致岩性发生突变(图 2a)。在界面附近见到大量暴露标志，如海绵礁白云岩溶蚀发育，普遍见渗流粘土(图 3)。在测井曲线上，分界面上下的自然伽马、电阻率曲线出现突变，呈明显台阶。总体形态表现为：界面下云岩段为低伽马、高电阻率；界面上含泥微晶灰岩为高伽马、低电阻率，较易识别。

SB2 界面为飞仙关组二段与飞仙关组三段的分界面。在岩性上，界面下为鲕粒灰岩、砂屑灰岩和微晶灰岩薄夹层，鲕粒灰岩内见暴露溶蚀、褐铁矿化、淡水方解石胶结物、海滩岩砾屑及渗流粘土(图 3)；界面上为紫红色、紫色含泥微晶灰岩、微晶灰岩。在测井曲线上，界面下表现为低伽马、高电阻率；界面上自然伽马为高值，电阻率为低值，与上部界线清楚(图 2b)。

SB3 界面为三叠系飞仙关组与嘉陵江组的分界面(图 2c)。在岩性上，界面下为微晶云岩、硬石膏岩和膏云岩等岩石特征，界面上为含泥微晶灰岩。界面的地震特征为连续的强发射，区域上易于对比。在测井曲线上，该界面有明显反应，界面下膏云岩为低伽马、高电阻率；界面上含泥微晶灰岩为高伽马、低电阻率。

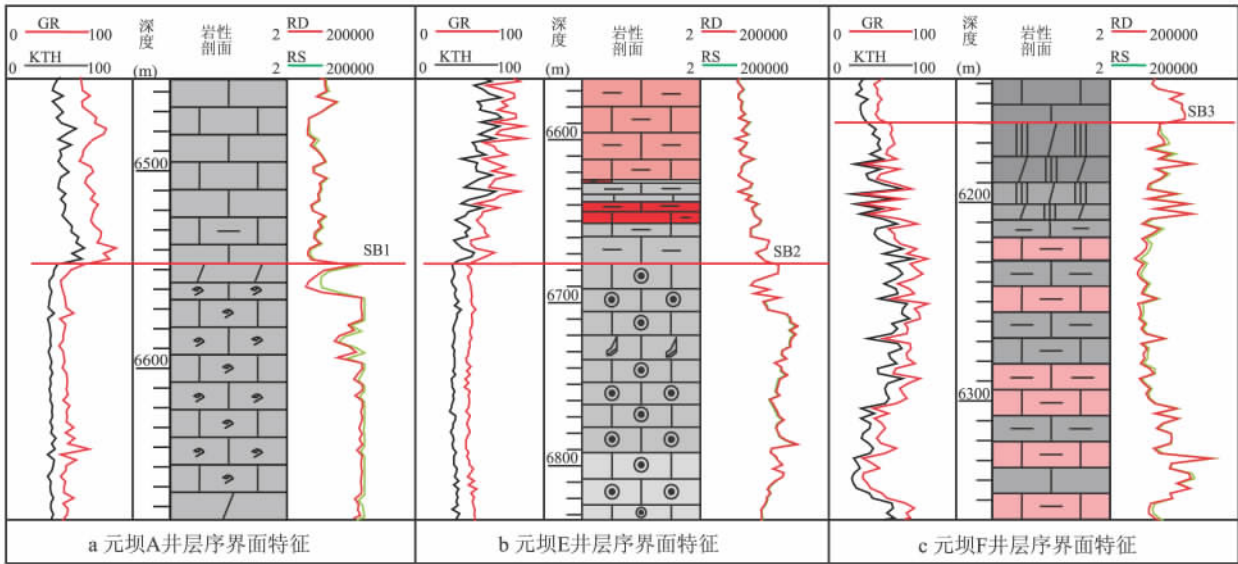


图 2 层序界面特征

Fig. 2 Sequence boundaries in well A (a) , well E (b) and well F (c)

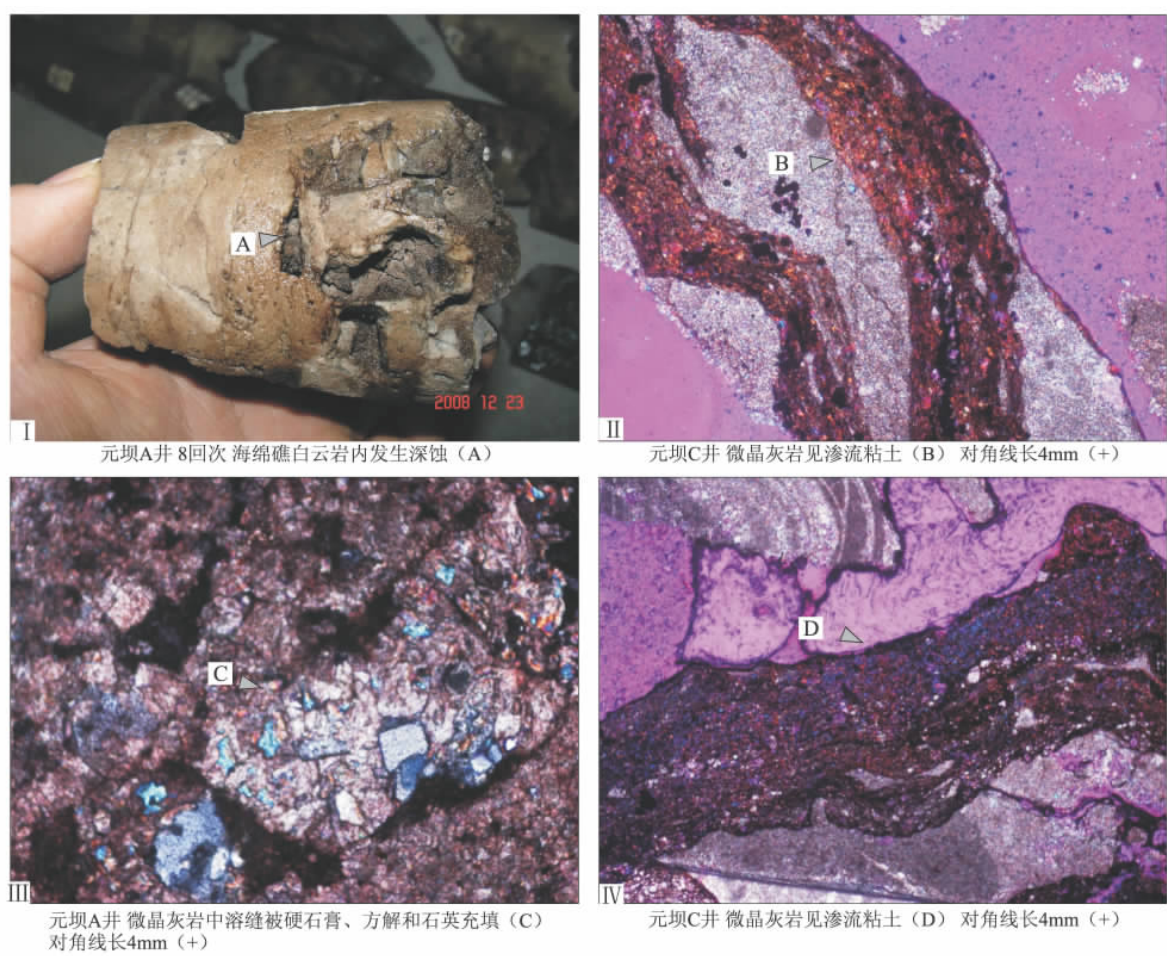


图3 暴露标志照片

Fig.3 Exposure indications around the sequence boundaries

I. Dissolution (A) within the sponge reef dolostone from well A in Yuaba; II. Vadose clay (B) within the micritic limestone from well C in Yuaba; III. Filling (C) of fissures in the micritic limestone by anhydrite , calcite and quartz from well A in Yuaba; IV. Vadose clay (D) within the micritic limestone from well C in Yuaba

2.2 体系域界面特征

体系域为同期沉积体系的组合 ,是构成层序的基本单位。体系域界面主要为初始湖泛面和最大湖泛面。初始湖泛面和最大湖泛面均为强的连续反射同相轴 ,前者为整合反射关系 ,后者为下超面 ,在地震剖面上表现为强振幅、连续、低频反射同相轴。各体系域的基准面变化决定各层序内沉积体系的构成和时空配置^[13]。

由于元坝地区三叠系飞仙关组为碳酸盐台地沉积 ,不发育低位体系域 ,因此识别出的最大海泛面有 MFS1、MFS2。

MFS1 是飞仙关组一段与飞仙关组二段的界面 ,是岩性岩相转换面 ,由相对水深的开阔台地台坪向相对水浅的开阔台地台内滩(鲕粒滩) 飞仙关组台地边缘浅滩(鲕粒滩) 转换。MFS2 是飞仙关组三段与飞仙关组四段的界面 ,也是岩性岩相转换

面 ,由相对水深的开阔台地台坪向相对水浅的蒸发台地台坪转换。

2.3 层序特征

1. SQ1 层序

SQ1 层序位于飞仙关组下部 ,相当于飞仙关组一段和飞仙关组二段叠加组成。由海侵体系域和高位体系域构成。海侵体系域(SQ1-TST) 对应飞仙关组一段 ,主要沉积一套灰色含泥微晶灰岩和微晶灰岩 ,形成开阔台地相的滩间深水沉积。高位期 (SQ1-HST) 对应飞仙关组二段 ,主要为鲕粒灰岩、砂屑鲕粒灰岩及薄互层微晶灰岩沉积 ,少见介屑灰岩和有孔虫灰岩 ,形成开阔台地相的台内滩和台地边缘相浅滩沉积。

2. SQ2 层序

SQ2 层序位于飞仙关组上部 ,相当于飞仙关组三段和飞仙关组四段。由海侵体系域和高水位体

系域构成。海侵期(SQ2-TST)对应飞仙关组三段,继SQ2高水位体系域后,海平面再次上升,水体逐渐加深,由浅滩环境转变为开阔台地台坪沉积,主要岩性为紫红色含泥灰岩、泥质灰岩和微晶灰岩。高位期(SQ2-HST)对应飞仙关组四段,海平开始下降,水体逐渐变浅,由开阔台地相转变为蒸发台地相潮上坪沉积,主要岩性为微晶白云岩、含膏泥晶

白云岩、膏质白云岩。

3 层序地层对比

为了进一步探讨元坝地区飞仙关组的空间分布规律,初步建立了研究区三叠系飞仙关组层序地层对比图(图4)。

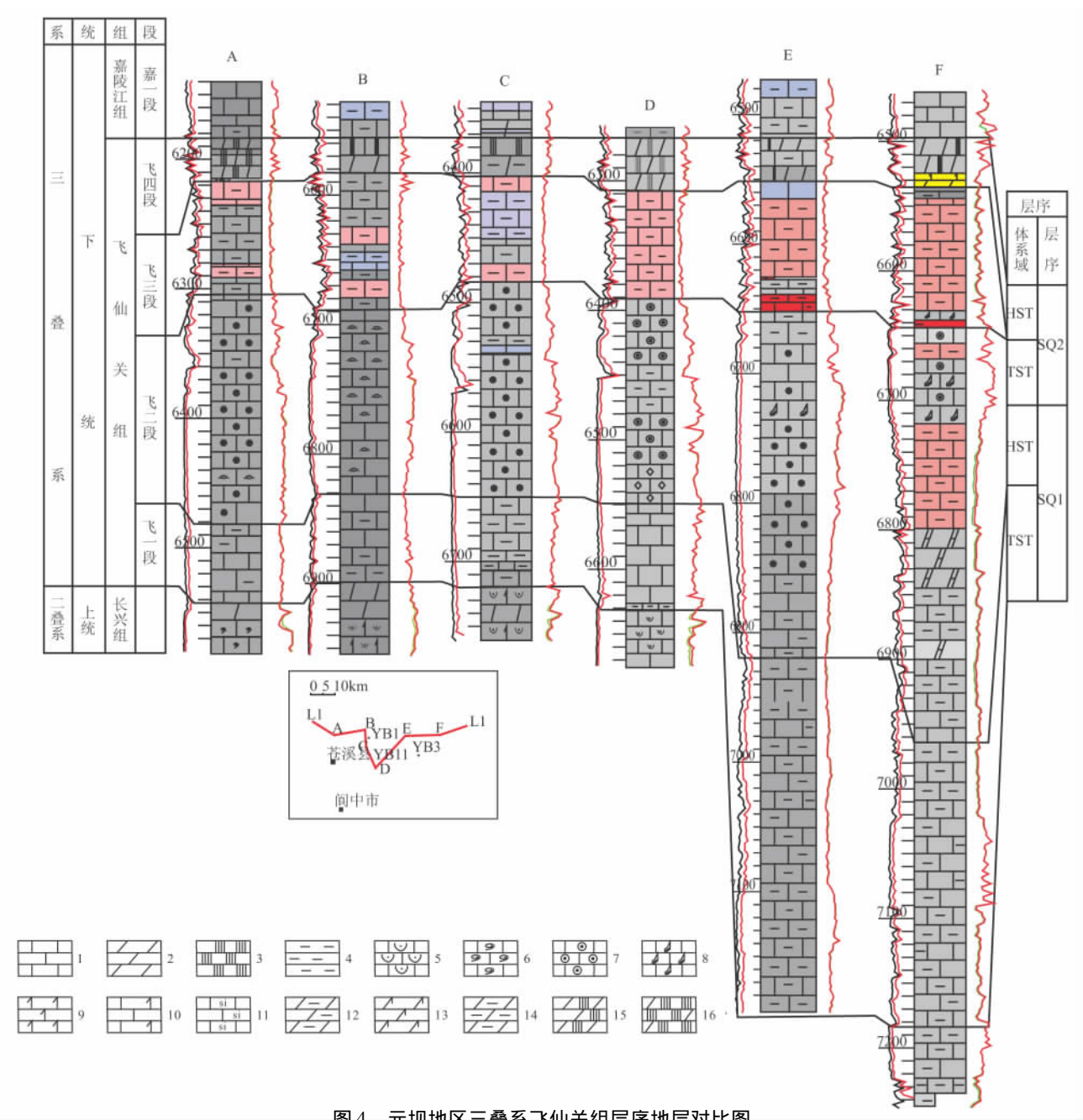


图4 元坝地区三叠系飞仙关组层序地层对比图

1. 灰岩; 2. 白云岩; 3. 膏岩; 4. 泥岩; 5. 生屑灰岩; 6. 生物灰岩; 7. 鲕粒灰岩; 8. 砂屑灰岩; 9. 云质灰质; 10. 含云质灰岩; 11. 硅质灰岩; 12. 泥质云岩; 13. 灰质云岩; 14. 泥云岩; 15. 膏质云岩; 16. 云质膏岩

Fig. 4 Sequence stratigraphic correlation of the Triassic Feixianguan Formation in the Yuanba region

1 = limestone; 2 = dolostone; 3 = gypsolith; 4 = mudstone; 5 = bioclastic limestone; 6 = biogenic limestone; 7 = oolitic limestone; 8 = sandy limestone; 9 = dolomitic limestone; 10 = dolomite-bearing limestone; 11 = siliceous limestone; 12 = muddy dolostone; 13 = limy dolostone; 14 = mud-bearing dolostone; 15 = gypsum dolostone; 16 = dolomitic gypsolith

从图4可以看出:SQ1期为海侵期,海平面快速上升,研究区以西为开阔台地台坪(滩间海)沉积,岩性较单一。研究区以东为碳酸盐斜坡沉积,岩性、岩相也较单一。高水位期,岩性、岩相分异较为明显。台地上水体较浅,能量作用强烈,为台内滩沉积,鲕粒滩、砂屑滩较发育。研究区以东为台地前缘台坪-浅滩,沉积颗粒与灰泥混合。研究区最东侧演化为斜坡沉积,砂屑、鲕粒滩不发育,主要沉积的是一套斜坡灰泥。高水位晚期,基本实现填平补齐,海水缓慢下降,全区出现暴露现象,横向上可以对比。因此,整个SQ1期元坝地区的地层几何体形态呈现出西薄东厚的楔形体。由于SQ1晚期的填平补齐作用,SQ2整个元坝地区为碳酸盐岩台地沉积,全区仅发育海侵体系域与高水位体系域。海侵期时,海平面快速上升,区内岩性、岩相较为单调,以开阔台地的台坪沉积,沉积一套较为稳定紫红色、灰色含泥微晶灰岩。高水位期,海平面快速下降,海水盐度迅速加大,岩性、岩相较海侵期变化较大。沉积相由开阔台地演化为局限台地,岩性从灰岩演变为云岩、石膏和膏云岩组成。

综上所述:下三叠统飞仙关组时期,研究区以西地区为浅水碳酸盐台地,常出露水面遭受剥蚀,故层序间常有不整合面。在碳酸盐台地上,体系域发育不全,以海侵体系域和高位体系域为特征,无低位体系域。低位体系域主要发育在元坝以东的地区,总体呈现西薄东厚的沉积格局。

4 结论

(1) 根据岩芯、岩石薄片、钻井和地震等资料,以岩石和钻井层序地层研究为主要依据,把元坝地区飞仙关组划分两个三级层序和4个体系域。层序SQ1、SQ2主要发育在碳酸盐台地上,由海侵体系域和高位体系域构成,缺乏低位体系域。

(2) 层序地层的横向对比表明,不同的沉积背

景下,层序的发育特征明显不同:SQ1期,元坝地区西部为浅水碳酸盐台地沉积。东部为斜坡或陆棚沉积,沉积格局明显不同,其地层几何形状呈现为西薄东厚的楔形体。SQ2期,由于SQ1期的填平补齐作用,致使该研究区演变为浅水碳酸盐台地沉积,沉积格局相对稳定。

参考文献:

- [1] 王一刚,文应初,洪海涛,等.川东北三叠系飞仙关组深层鲕滩气藏勘探目标[J].天然气工业,2004,24(12):5-9.
- [2] 冉隆辉,陈更生,张健,等.四川盆地东北部飞仙关组鲕滩储层分布研究与勘探潜力分析[J].中国石油勘探,2002,7(1):46-55.
- [3] 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.
- [4] 杨雨,张静,张光荣.川东下三叠统飞仙关组鲕滩分布及其天然气勘探前景[J].成都理工学院学报,2000,27(增刊):147-149.
- [5] 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.
- [6] 王罗兴,谢芳,李油.川东北飞仙关组鲕滩气藏地震响应特征及勘探展望[J].天然气工业,2000,20(5):26-30.
- [7] 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.
- [8] 李国军,郑荣才,唐雨林,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.
- [9] 王银.川东北元坝地区生物礁的识别与追踪[J].天然气技术,2009,3(4):25-30.
- [10] 高长林,刘光祥,张玉箴,等.东秦岭-大巴山逆冲推覆构造与油气远景[J].石油实验地质,2003,25(增刊):523-531.
- [11] 苗顺德,李秋芬,欧阳诚,黄骅.拗陷古近系层序地层格架特征及模式研究[J].中国地质,2008,35(2):256-263.
- [12] 李德江,朱筱敏,董艳蕾,等.辽东湾拗陷古近系沙河街组层序地层分析[J].石油勘探与开发,2007,34(6):669-676.
- [13] 李军辉,卢双舫,柳成志,等.贝尔凹陷西斜坡南屯组层序特征及其油气成藏模式研究[J].沉积学报,2009,27(2):306-311.

Sequence stratigraphy of the Feixianguan Formation in the Yuanba gas field , northeastern Sichuan

LIU Xin¹ , FU Heng^{1,2}

(1. *College of Energy Resources , Chengdu University of Technology , Chengdu 610059 , Sichuan , China*; 2. *State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation , Chengdu University of Technology , Chengdu 610059 , Sichuan , China*)

Abstract: The Feixianguan Formation in the Yuanba gas field , northeastern Sichuan may be divided , on the basis of cores , thin sections , well logs and seismic data , into two third-order sequences: SQ1 representing the 1st and 2nd members , and SQ2 representing the 3rd and 4th members of the Feixianguan Formation. Grounded upon the carbonate platform , both SQ1 and SQ2 are made up of the transgressive and highstand systems tracts and lack of the lowstand systems tract. During the deposition of the transgressive systems tract of SQ1 , the bulk of the Yuanba area is built up of the open platform deposits on the shallow-water carbonate platform , and continental shelf deposits near the east. During the deposition of the highstand systems tract of SQ2 , there are gradations of the open platform-platform margin-slope deposits from west to east. Till the deposition of SQ2 , the whole area graded into the shallow-water carbonate platform dominated by the transgressive and highstand systems tracts representing the open platform deposits in the transgressive phase and evaporate platform deposits in the highstand phase.

Key words: sequence stratigraphic correlation; Feixianguan Formation; Yuanba region