

文章编号: 0253-9985(2007)04-0458-08

川东北地区长兴组—飞仙关组沉积格局 及成藏控制意义

倪新锋, 陈洪德, 田景春, 韦东晓

(成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室, 沉积地质研究院, 四川 成都 610059)

摘要: 川东北上二叠统长兴组—下三叠统飞仙关组总体为碳酸盐台地沉积, 受古断裂的控制, 宽广的台地被切割成台隆与台盆的沉积格局。受开江—梁平台盆的控制, 长兴晚期—飞仙关早期在其两侧发育了较为对称的类似于威尔逊相模式的碳酸盐岩沉积体系, 但陆棚相不甚发育, 可能是台盆深度小、宽度窄、相变快引起的。由于期间经历了一次二级海平面的升降过程, 使得长兴组广泛发育海侵生物礁, 而飞仙关组发育海退型鲕粒滩, 形成两类最为有利的储集相带。生物礁、鲕粒滩沉积相带在纵横向上不断迁移、抬升, 主要发育于台盆的两侧, 呈不连续环带状分布, 明显受沉积相带控制。

关键词: 沉积格局; 区域成藏; 台盆; 长兴组; 飞仙关组; 川东北地区

中图分类号: TE111.3 文献标识码: A

Sedimentary framework of Changxing-Feixianguan Formations and its control on reservoiring in northeastern Sichuan basin

Ni Xinfeng, Chen Hongde, Tian Jingchun, Wei Dongxiao

(State Key Laboratory of Oil/Gas Reservoir Geology and Exploitation,
Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059)

Abstract As a whole, the Upper Permian Changxing Formation-Lower Triassic Feixianguan Formation in northeastern Sichuan basin were deposited as carbonate platform. The extensive platform was cut into platform-highs and platform basins by fossil fractures. Being controlled by Kaijiang-Liangping platform-basin, relatively symmetrical carbonate sedimentary systems similar to Wilson's facies pattern, were developed on both sides of the basin in late Changxing to early Feixianguan age, but shelf facies were poorly developed. It is possibly due to the shallow depth, narrow width and rapid facies change of the platform-basin. A second-order eustatic sea level change during this period resulted in the widely development of transgressive bioherm in Changxing Formation and regressive oolitic shoals in Feixianguan Formation, both of which would be the most favorable reservoir facies belts. The bioherm and oolitic shoal facies belts continuously migrated laterally and upraised vertically. They were mainly developed on both sides of the platform-basins and characterized by discontinuous zonal distribution, which were obviously controlled by sedimentary facies belts.

Key words sedimentary framework; regional accumulation; platform-basin; Changxing Formation; Feixianguan Formation; northeastern Sichuan basin

近年来, 川东北上二叠统长兴组—下三叠统飞仙关组天然气勘探取得了重大突破, 发现了我国目前最大的以礁、滩相储层为主的整装天然气

田。纵观前人的研究成果^[1~16], 长兴组—飞仙关组沉积记录了“开江—梁平海槽”和其两侧台地形成特殊的“两隆一凹”台—盆相间的沉积格局,

收稿日期: 2006-05-09

第一作者简介: 倪新锋(1978—), 男, 博士生, 层序地层学与含油气盆地分析

基金项目: 国家“十五”重大科技攻关项目(2004BA616A-06-02)

所发现的气藏基本上环“开江—梁平海槽”断续分布,并且展布和迁移随着“海槽”的发育、填平作用而变化。因此,对该沉积格局研究不仅具有重要的理论意义,而且对长兴组生物礁气藏以及飞仙关组鲕滩气藏的进一步勘探具有重要的实践意义。

目前,对川东北上二叠统一下三叠统沉积格局方面的研究在认识上存在一定分歧,主要焦点在于是否存在与广旺深水盆地相连的“开江—梁平海槽”以及命名问题^[1~8 14]。本文认为“开江—梁平海槽”是由于南秦岭海槽区域构造活动引起的次级近南北向延伸的同沉积断裂活动于克拉通碳酸盐台地背景上发育形成的相对深水沉积区,本文称之为开江—梁平台盆。

1 沉积特征

通过对露头剖面、钻井岩心、测井和地震等资料综合分析,并结合前人的研究成果^[1~16],认为研究区长兴组—飞仙关组主要发育碳酸盐台地沉积体系及台盆(盆地)两大沉积体系(图1)。

1.1 台地沉积体系

该沉积体系细分为台地蒸发岩、局限台地、开阔台地、台地边缘礁滩和斜坡等沉积相。

1.1.1 台地蒸发岩

该相带盐度高、水循环差,古地貌较高或长期出露地表,蒸发作用强烈,包括膏坪、云坪、泥坪及部分古喀斯特亚相,以膏坪亚相为主。其中古喀斯特较为少见,仅部分发育长兴组上部。台地蒸发岩相带在飞四段发育且分布较广,飞二段上部和长兴组上部局部发育。

1.1.2 局限台地

该相带位于障壁岛或大的浅滩之后,向陆逐渐相变为台地蒸发岩。海水循环不畅,水体极浅、能量低,发育有各种暴露性的沉积标志。以沉积泥晶灰岩、白云质泥晶灰岩、泥质灰岩、叠层石灰岩、白云岩、泥(页)岩及膏岩、粉砂岩、粉砂质泥岩为主,各种潮汐层理如透镜状层理、脉状层理及波状层理极为丰富。该相带内主要发育潮坪和泻湖亚相。在剖面上,潮坪与泻湖沉积多伴生出现,

往往构成向上变浅的序列。

1.1.3 开阔台地

该相带位于台地边缘生物礁、浅滩与局限台地之间,水体较浅,一般为几米到几十米,与广海连通性较好,水体循环畅通,盐度正常,生物繁盛。主要由浅灰色、灰色中—厚层状泥晶灰岩、鲕粒灰岩、泥质灰岩、砂屑生屑灰岩组成,一般缺乏白云岩。地震剖面上表现为强振幅、变振幅、平行—亚平行影像特征,有时有少量前积结构。可细分为浅滩及滩间亚相。浅滩亚相在飞三段上部最为发育,几乎遍布整个川东北地区。

1.1.4 台地边缘礁滩

位于碳酸盐开阔台地与台缘斜坡相带之间,是波浪和潮汐作用改造强烈的高能地带。发育有台缘浅滩及生物礁亚相^[15 16]。川东北长兴组—飞仙关组经历了一次较大的海平面升降过程,长兴组生物礁的形成和分布与海侵有关,而飞仙关组鲕粒滩的形成和分布与海退过程有着密切联系^[2]。

1) 台缘浅滩亚相中主要沉积鲕粒灰岩、鲕粒白云岩、粉晶白云岩、砂屑灰岩和少量泥晶灰岩。由于位于台地边缘,水体能量高,受波浪、潮汐水流或沿岸流的簸选,鲕粒分选较好,圈层较发育和颗粒含量高。可见大型板状或槽状交错层理。沉积厚度较大,一般可达20 m到100 m,分布稳定。台缘浅滩常在台地边缘呈条带状分布,并随着台地的发展而逐渐迁移,具有明显的穿时性^[1]。在后期的改造中,鲕粒白云岩常被溶蚀形成大量的溶蚀孔,成为好的油气储集层,残余鲕粒白云岩是该区飞仙关组最好的天然气储层。

2) 生物礁发育于长兴组中,厚度为数米至上百米,礁与滩共生。造礁生物主要为海绵,具有固定生长方向。研究区生物礁主要发育海绵障积岩、海绵骨架岩及海绵粘结岩3种岩石类型,以海绵障积岩为主,骨架岩次之,粘结岩最少。开江—梁平台盆东西两侧的生物礁具有一定的差别,主要表现在东部礁体发育海绵骨架礁^[3],以宣汉盘龙洞为代表,而西侧则以海绵障积岩为主体,以通江铁厂河林场为代表。反映出当时水动力条件的差异,东部较强,西部较弱^[4]。又可根据相对海平面变化与生物礁的生长速率的关系,将区内生物

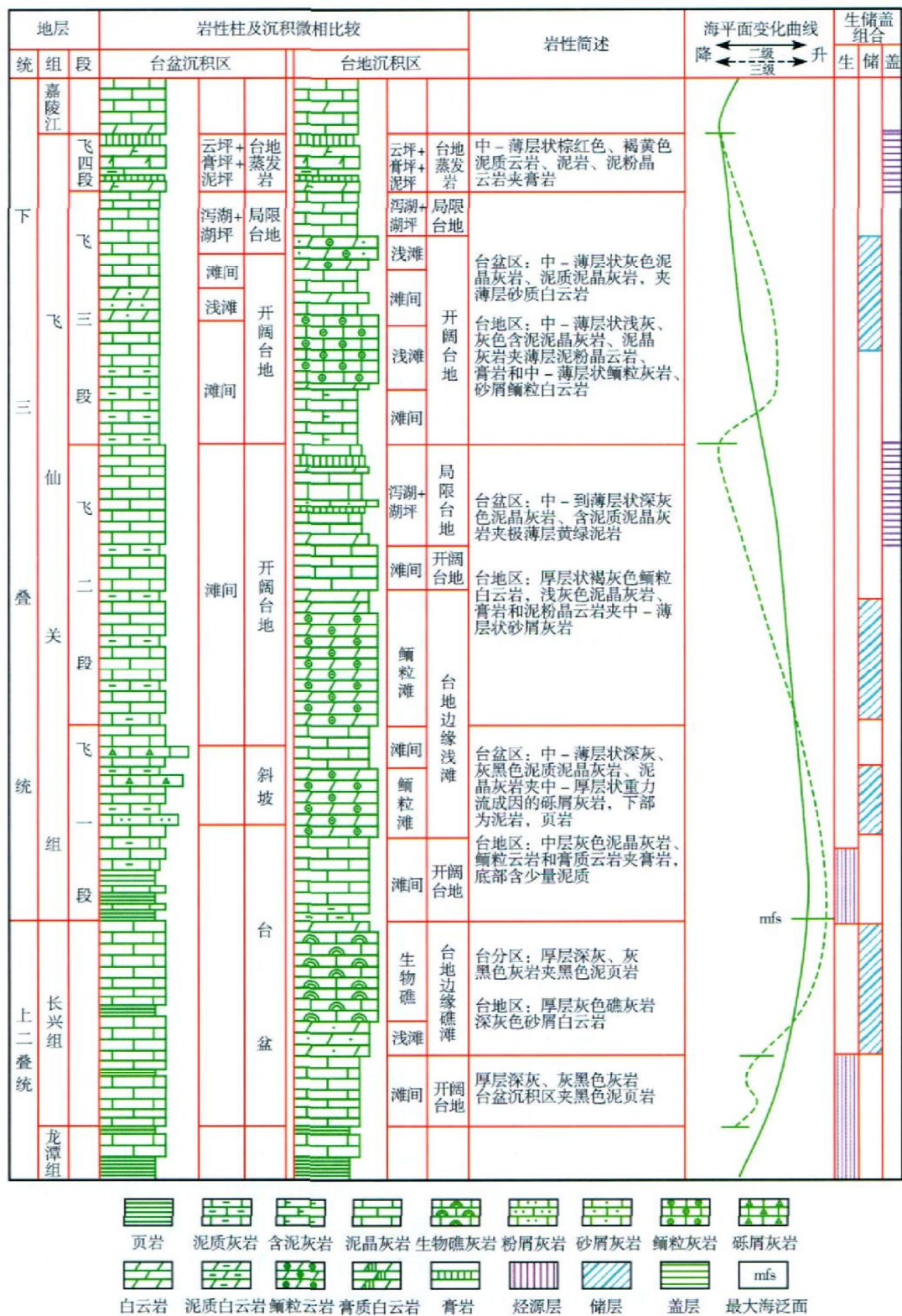


图 1 川东北长兴组—飞仙关组地层综合柱状图

Fig. 1 Composite stratigraphic column of Changxing-Feixianguan Formations in northeastern Sichuan basin

礁分为海侵追补型和海侵并进型两类。追补型生物礁发育与长兴组中、下部，而并进型生物礁则发育与长兴组的中、上部，本区以海侵并进型生物礁最为发育。

1.1.5 斜坡

该相带为深水盆地与碳酸盐台地之间的过渡沉积。位于正常浪基面之下、氧化界面附近，

水深几十米到 200 m, 水体总体上比较安静。由于台盆深度相对不深, 盆地相带与台地边缘相带中间仅隔一个较窄的斜坡相, 陆棚沉积不明显。沉积物以紫灰、紫红、灰黑色薄层—极薄层泥晶灰岩、泥质灰岩为主, 夹钙质泥岩、页岩, 颜色呈杂色到灰色, 发育水平层理、水平虫孔等, 含双壳类、菊石类化石。该相带纵向上在长兴组、飞一段到飞三段均有发育, 其中飞一段分布最广, 其次为长兴组。

1.2 台盆(盆地)沉积体系

川东北地区上二叠统长兴组—下三叠统飞仙关组沉积总体为碳酸盐台地, 该时期由于南秦岭海槽区域扩张作用影响, 在台地内产生次级近南北向延伸的可能具走滑拉张性质的同沉积断裂活动, 使宽广的台地被切割成台地与台盆相间的沉积格局, 这与晚古生代右江盆地的沉积格局相似^[17-18]。

开江—梁平台盆从长兴期开始发育, 往西向达县、平昌方向延伸, 与北部的广旺深水型海盆相连, 主要具有以下特征。

1) 沉积物以碳酸盐为主, 不含硅质岩, 岩性主要为深色、灰黑色薄层状含钙球、骨针、放射虫、微体有孔虫及细小生屑的生物泥晶灰岩、泥质泥晶灰岩夹褐色薄层钙质泥岩, 局部夹末稍浊积岩。含完整的生物化石, 包括钙球、骨针、放射虫及微体有孔虫。有些层中见有破碎、变形的有孔虫、棘屑、腕足及钙藻等浅水底栖生物化石, 所含生屑通常破碎、细小, 不能辨认, 有时含量可达 30%~40%, 显微镜下常见泥纹及条形颗粒定

向, 具有明显异地沉积特征, 属重力流沉积^[1](图 2)。

2) 长兴组上部—飞仙关组下部在垂向剖面上具有清楚的由浅变深再变浅的单一完整的相序组合, 长兴组厚度明显小于飞仙关组厚度, 长兴组厚度不足 100 m, 而飞仙关组厚度最厚可达 800 m。这是由于长兴组为海侵沉积序列, 其台盆相区沉积为欠补偿沉积, 沉积厚度小, 而飞仙关组则是具有“填平补齐”性质的充填式沉积, 沉积厚度较大(图 1)。

3) 在对比剖面上, 台盆相区长兴组沉积厚度远小于台地相区剖面的沉积厚度, 飞仙关期, 特别是飞一期, 由于海平面迅速下降, 台地相区可容纳空间减小, 而台盆相区相对具有较大的可容纳空间, 碳酸盐亦向台盆相区迁移^[15-16], 物源供给充分, 进入“填平补齐”快速充填阶段, 因此, 台盆相区沉积厚度则远大于台地相区沉积厚度(图 1, 图 3)。

4) 长兴期和飞仙关期的礁滩沉积主要发育于该台盆的两侧呈不连续环带状沿台缘区分布, 这是由于台盆相区的存在造成了台地边缘地区的高水动力条件所致(图 3)。并且在台盆沉积相区从长兴期—飞二期, 基本没有鲕粒灰岩的存在(图 1, 图 3)。

2 沉积模式

川东北地区沉积模式与开江—梁平台盆的发育、填平补齐以及海平面的升降有着密切的关系。区内从长兴组—飞仙关组总体为碳酸盐台地^[4-6]

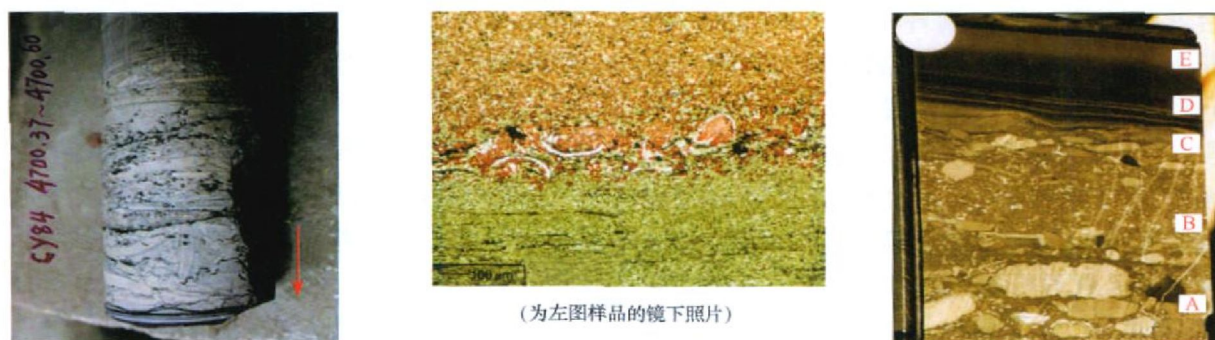


图 2 川岳 84 井、川付 85 井飞一段重力流沉积特征

Fig. 2 Characteristics of the gravity flow sediments in the first member of Feixianguan Fm in Chuanyue 84 and Chuanfu 85 wells

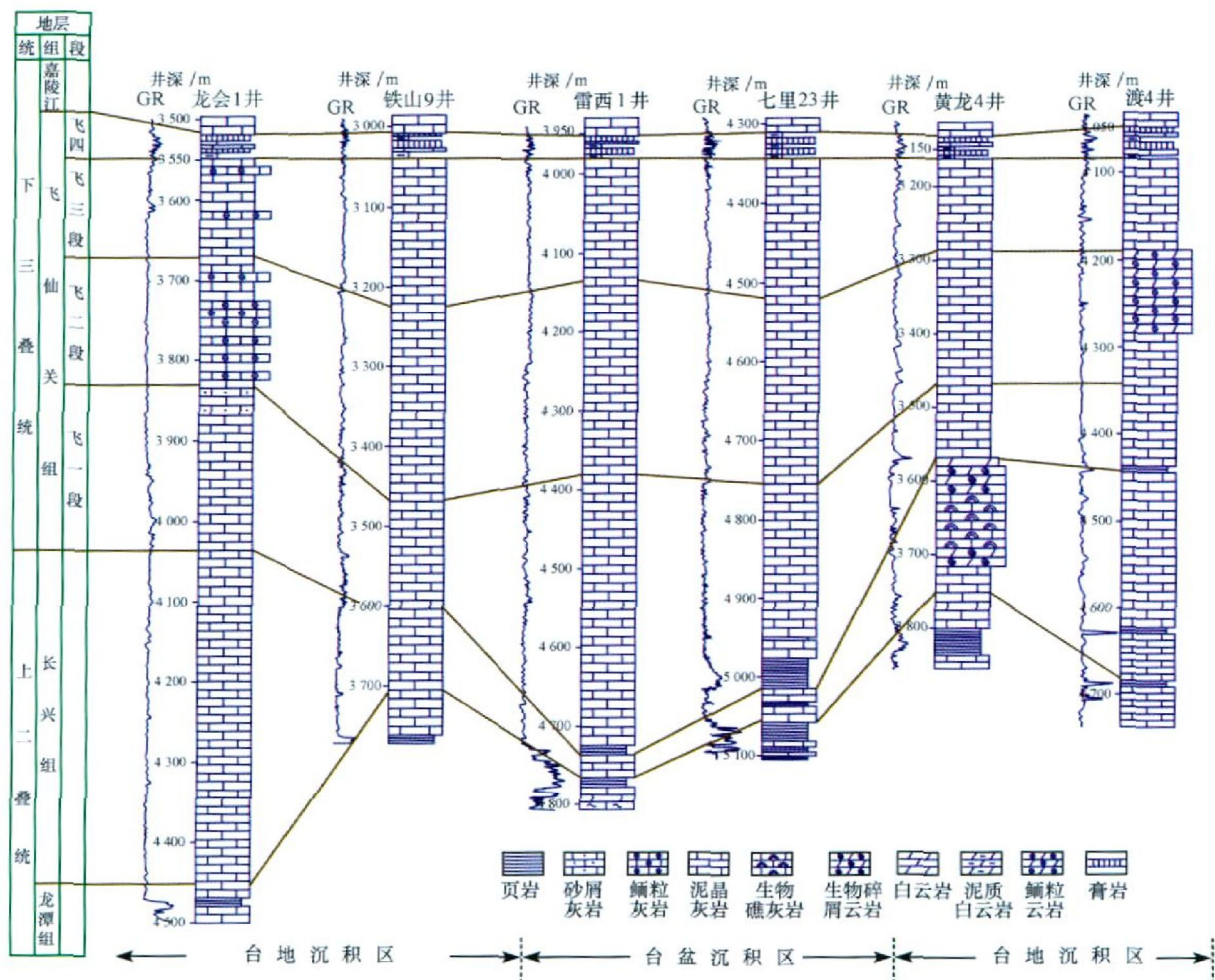


图 3 川东北地区长兴组—飞仙关组地层对比

Fig. 3 Stratigraphic correlation of Changxing Formation and Feixianguan Formation in northeastern Sichuan basin

与台盆沉积, 形成“两台一凹”的沉积格局, 其中长兴组与飞仙关组的最大差别在于: 由于期间经历了一次二级海平面的升降过程, 使得长兴组广泛发育海侵生物礁, 而飞仙关组发育海退型鲕粒滩^[2]。并且台地边缘礁滩沉积主要发育于开江—梁平台盆的两侧呈不连续环带状分布 (图 4 图 5)。长兴组—飞仙关组沉积模式主要分为两个阶段: 1) 开江—梁平台盆发育阶段 (长兴组—飞仙关组二段)。由台盆向东西两侧沉积相的展布依次为斜坡相、台缘礁滩相、开阔台地相、局限台地相和台地蒸发岩相, 与威尔逊相模式比较相似, 不同的是陆棚相沉积不明显, 主要原因可能是台盆深度不大, 宽度小, 台盆相与台地相之间相变较快 (图 4 图 5); 2) 开江—梁平台盆充填补齐均一化阶段 (飞仙关组三段—飞仙关组四段)。区内主要发育规模中等的台内滩相、开阔台地相、局限台地相和台地蒸发岩相, 缺少深水沉积 (图 6)。

3 台—盆沉积格局对区域成藏的控制意义

在碳酸盐岩储层的形成与演化中, 沉积作用是基础, 它不仅决定了储层的大致分布范围, 还影响着成岩作用的类型、强度及储层内部的孔隙结构等。因此这里从开江—梁平台盆相的发育阶段来解析台—盆相间的沉积格局对区域成藏的控制作用。

长兴组和飞仙关组虽然分属上古生界和中生界, 但研究区内二者在沉积上是连续过渡的, 属同一二级层序^[19]。长兴期—飞仙关期, 由于地裂运动的影响, 随着开江—梁平台盆的发育、发展和填平补齐作用, 研究区内礁 (滩)、鲕滩在纵、横向上呈有规律的抬升和迁移^[1, 7, 13]。并且, 长兴组生物礁气藏和飞仙关组鲕滩气藏都具有岩性圈闭的共同特征。气藏的储层主要是与礁、滩相发育有关

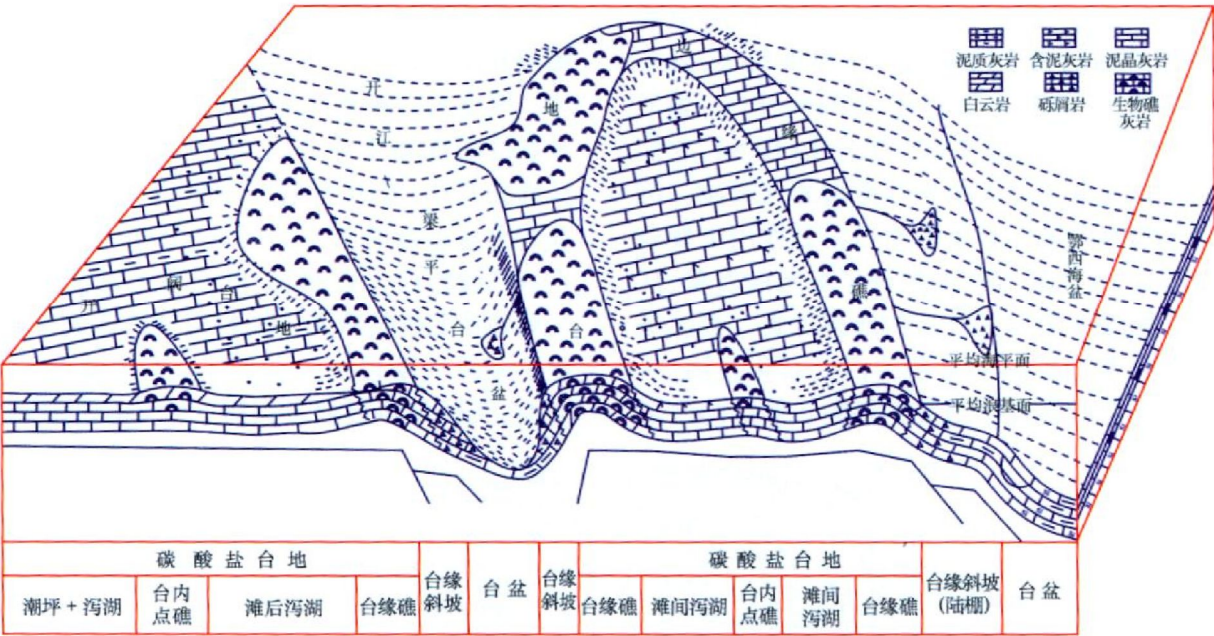


图 4 川东北地区上二叠统长兴期沉积模式

Fig. 4 Diagram showing the depositional models of Upper Permian Changxing Fm in northeastern Sichuan basin

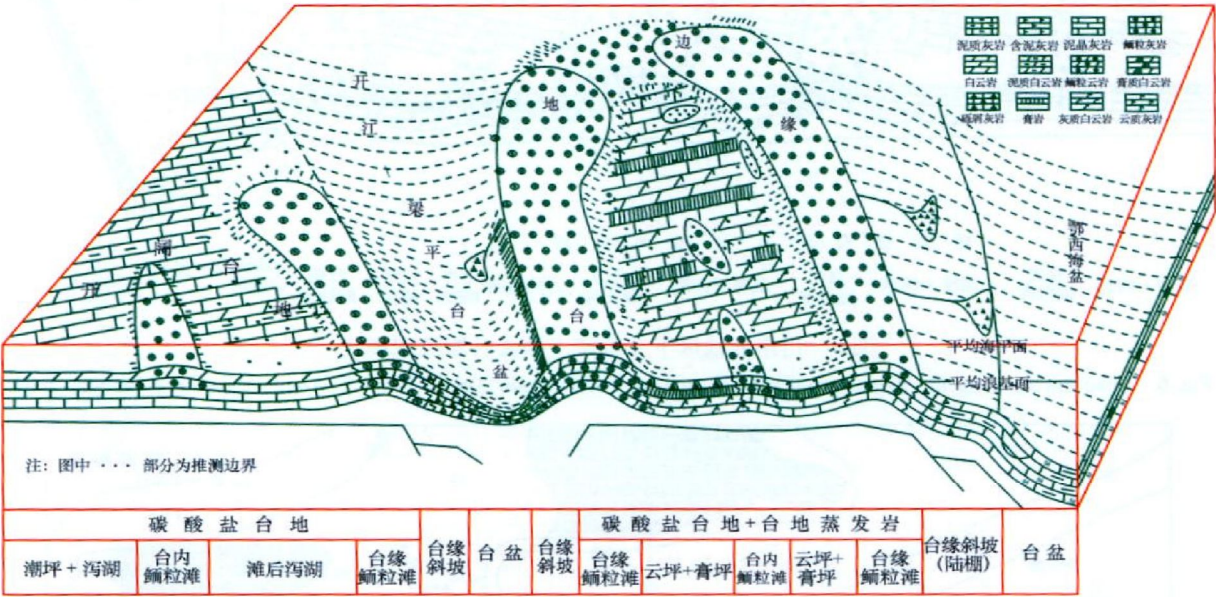


图 5 川东北地区下三叠统飞仙关早、中期沉积模式

Fig. 5 Diagram showing the depositional models in Early and Middle Feixianguan Ages of Early Triassic in northern Sichuan basin

的各种颗粒岩、泥粒岩或鲕粒岩, 经选择性白云石化和埋藏溶解作用形成的各种次生孔、洞、缝的储渗体, 它们被周围致密岩体的包围、封堵及上覆含泥质、膏质岩层封盖而形成圈闭。从上二叠统至下三叠统飞仙关组纵横向的沉积岩性分布, 构成了礁、滩气藏完整的生、储、盖组合(图 1)。

四川盆地二叠系长兴组生物礁较为发育, 部

分学者已对此进行过专题研究和讨论^[4-11], 此类生物礁油气显示丰富。由于台盆-台地相间沉积格局的存在, 长兴组(即台盆发育早期)在台地边缘广泛发育海侵生物礁, 形成规模巨大的台缘礁滩相组合(图 7), 有利于油气藏形成。因此, 长兴期台地边缘形成的礁滩及后期白云岩化的储层, 是二叠系油气储集的有力相带。

在飞仙关早期和中期(即台盆发育的中晚期),二级旋回的高水位域发育了厚度较大,分布较稳定、连片性较好的鲕粒滩,主要环开江-梁平台盆和沿城口-鄂西海盆的台缘分布(图 8),它们是形成区内飞仙关组大中型气藏的岩性基础。沉积相对鲕滩气藏油气富集的明显控制作用主要表现在两方面:首先是沉积相控制了鲕滩的发育,从而决定了鲕滩气藏可能分布的地理位置。其次是它在一定程度上控制了早期的白云石化作用,从而也对埋藏期的溶解作用发生影响。储层的白云

石化是混合水成因的,该过程发生在海平面下降、鲕滩暴露的时期。因此也主要发生在鲕滩的高部位。厚度大的鲕滩主要发育在靠近飞仙关组早期台盆的边缘相带内。前人的研究也表明^[1~3 13],从濒临开江-梁平台盆区的铁山坡地区到城口-鄂西海盆边缘的开县双河口、云阳沙沱都有孔隙发育的鲕粒白云岩储层,以及最近钻探的七里北气藏和黄龙场气藏及中石化发现的普光气藏均显示了鲕滩气藏岩性-构造复合圈闭的巨大潜力。目前,飞仙关组目前勘探展开的区域主要是川东

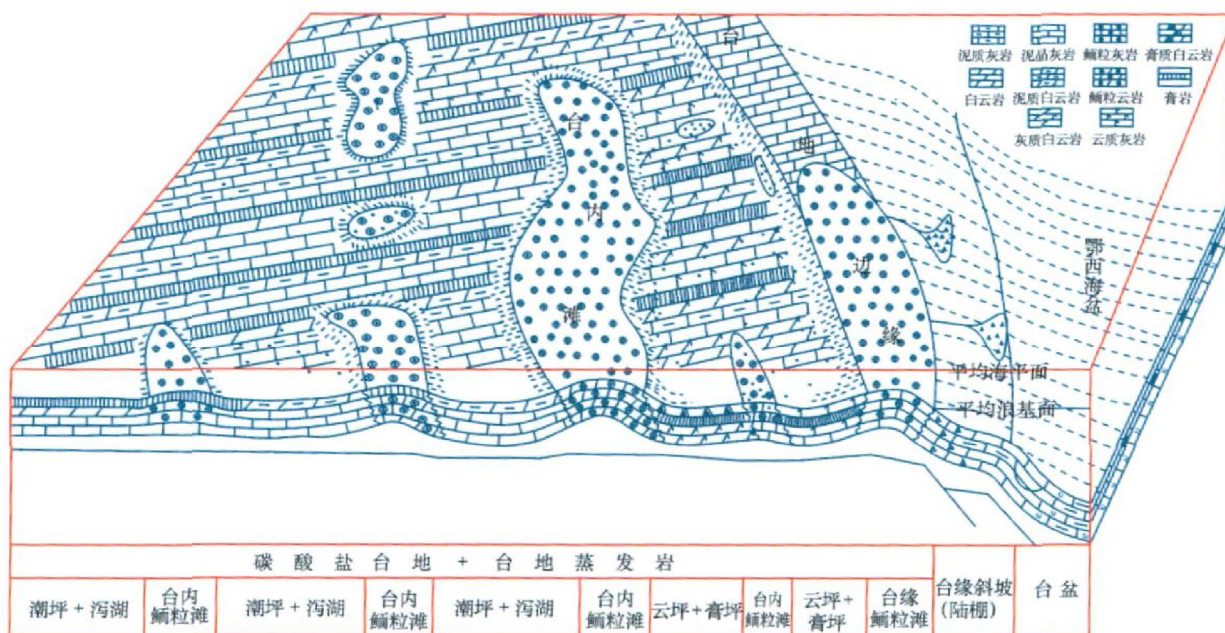


图 6 川东北地区下三叠统飞仙关后期沉积模式

Fig. 6 Diagram showing the depositional models in Late Feixianguan Age of Early Triassic in northern Sichuan basin

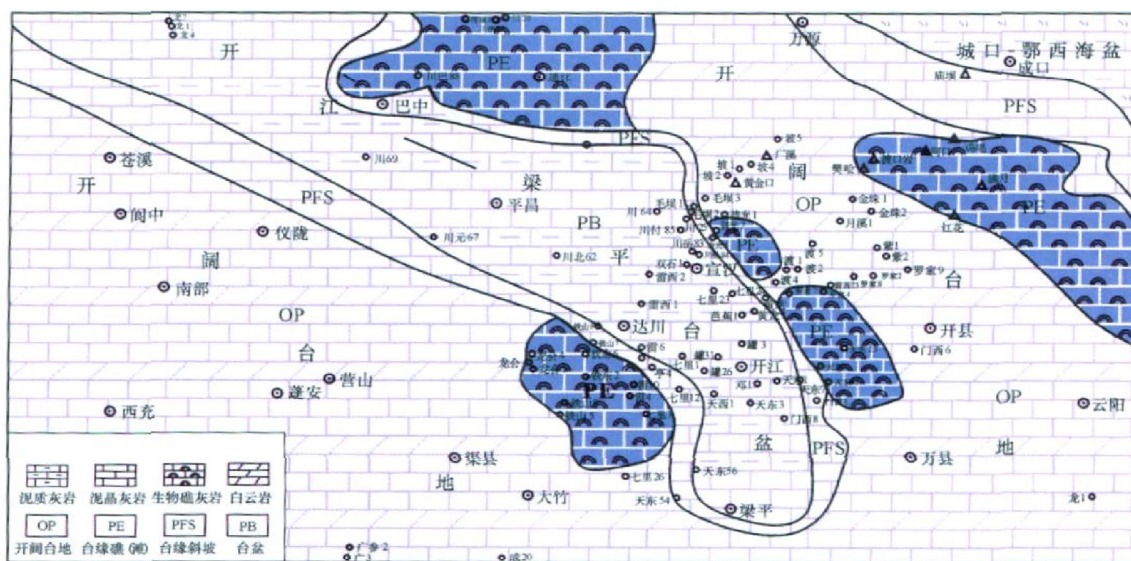


图 7 川东北地区上二叠统长兴期岩相古地理图

Fig. 7 Lithofacies paleogeographic map in Changxing Age of Late Permian in northeastern Sichuan Basin

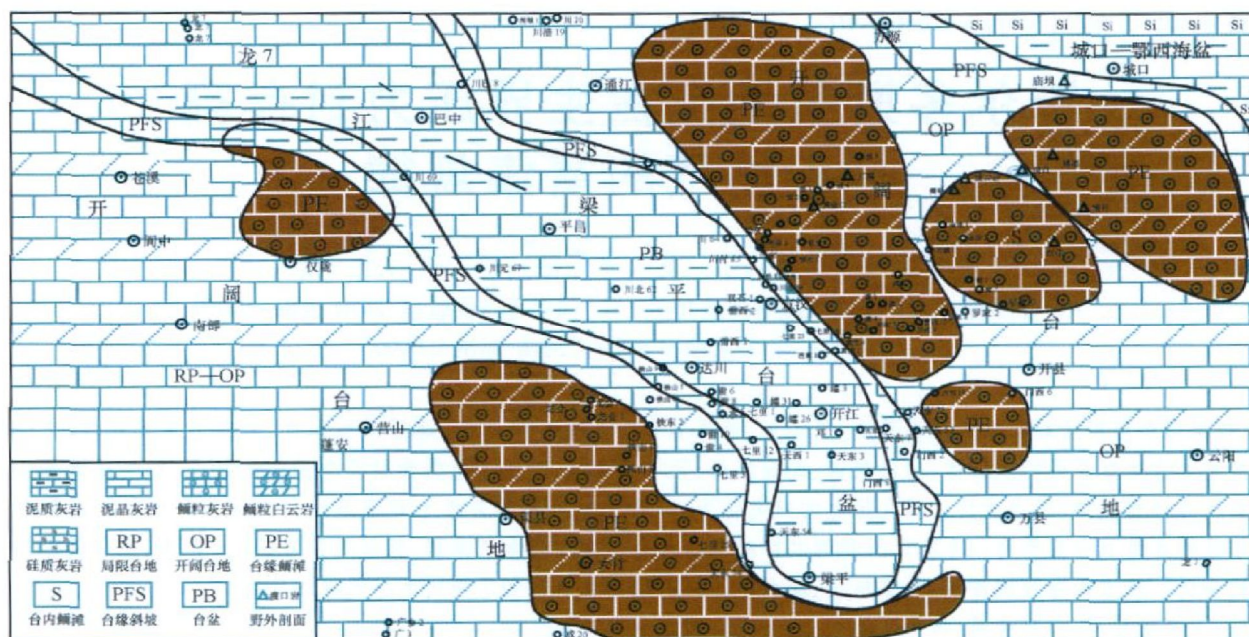


图8 川东北地区下三叠统飞仙关早、中期岩相古地理图

Fig. 8 Lithofacies paleogeographic map in Early and Middle Feixianguan Ages of Early Triassic in northeastern Sichuan basin
 北地区和开江—梁平台盆相区的西侧,在台盆的东侧地区和城口—鄂西海盆区飞仙关组鲕滩分布面积亦很大,资源丰富,推测其具有较高的勘探价值。

在飞仙关晚期(台盆填平补齐,台地均一化阶段),研究区深水区被填平补齐,台地均一化为开阔台地到局限台地,最后以发育台地蒸发岩为主,斜坡及台盆相以及台缘鲕粒滩不发育。该阶段形成一套较为稳定的区域性膏坪、泥坪及膏泥坪等沉积,为区域性成藏提供了良好的盖层。

参考文献

- 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): 254~260
- 王志兴,张帆,马青,等. 四川盆地东部晚二叠世—早三叠世飞仙关组礁、滩特征与海平面变化[J]. 沉积学报, 2002, 20(2): 249~254
- 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
- 牟传龙,谭钦银,余谦,等. 川东北地区上二叠统长兴组生物礁组成及成礁模式[J]. 沉积与特提斯地质, 2004, 24(3): 65~71
- 马永生,牟传龙,郭旭升,等. 四川盆地东北部长兴组沉积特征与沉积格局[J]. 地质论评, 2006, 52(1): 25~29
- 范嘉松,吴亚生. 川东二叠纪生物礁的再认识[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(1): 12~18
- 王一刚,张静,杨雨,等. 四川盆地东部上二叠统长兴组生物礁气藏形成机理[J]. 海相油气地质, 1997, 5(1-2): 145~152
- 王一刚,文应初,张帆,等. 川东地区上二叠统长兴组生物礁分布规律[J]. 天然气工业, 1998, 18(6): 10~15
- 张继庆,李汝宁,官举铭,等. 四川盆地及邻区晚二叠世生物礁[M]. 四川成都: 四川科学技术出版社, 1990
- 吴熙纯,刘效曾,杨仲伦,等. 川东上二叠统长兴组生物礁控储层的形成[J]. 石油与天然气地质, 1990, 11(3): 283~296
- 王生海,强子同. 四川华蓥山涧水沟上二叠统生物礁[J]. 石油与天然气地质, 1992, 12(2): 147~154
- 刘划一,张静,洪海涛. 四川盆地东北部长兴组、飞仙关组气藏形成条件研究[J]. 天然气勘探与开发, 2001, 24(2): 30~38
- 杨雨,文应初. 川东北开江—梁平海槽发育对 T_1f 鲕粒岩分布的控制[J]. 天然气工业, 2002, 22(增刊): 30~32
- 魏国齐,陈更生,杨威,等. 四川盆地北部开江—梁平海槽边界及特征初探[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(1): 99~105
- Cobianchi M iriam, Picotti V incenzo Sedimentary and biological response to sea-level and palaeoceanographic changes of a Lower-Middle Jurassic Tethyan platform margin (Southern Alps, Italy) [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2001, 169(3-4): 219~244
- Iannace A, Zamparelli V. Upper Triassic platform margin biofacies and the paleogeography of southern Apennines [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2002, 179(1-2): 1~18
- 陈洪德,曾允孚,李孝全. 丹池晚古生代盆地的沉积和构造演化[J]. 沉积学报, 1989, 7(4): 85~96
- 陈洪德,张锦泉,刘文均. 泥盆纪—石炭纪右江盆地结构与岩相古地理演化[J]. 广西地质, 1994, 7(2): 15~23
- 陈洪德,田景春,刘文均,等. 中国南方海相震旦系—中三叠统层序划分与对比[J]. 成都理工学院学报, 2002, 29(4): 355~379

(编辑 高岩)