

文章编号:0253-9985(2006)01-0099-07

四川盆地北部开江-梁平海槽边界及特征初探

魏国齐¹,陈更生²,杨威¹,杨雨²,贾东³,张林¹,
肖安成⁴,陈汉林⁴,吴世祥¹,金惠¹,沈珏红¹

(1. 中国石油勘探开发研究院廊坊分院,河北廊坊 065007;

2. 中国石油西南油气田分公司,四川成都 610051; 3. 南京大学地球科学系,江苏南京 210039;

4. 浙江大学地球科学系,浙江杭州 310027)

摘要:开江-梁平海槽控制着川北地区飞仙关组台缘鲕滩的分布。在地震剖面上,东侧边界为断点、西侧为上超点;在沉积岩石学方面,发育代表盆地相的薄层泥灰岩和代表斜坡相的碎屑流沉积;最早沉积的台缘鲕滩位于江油-梓潼-南充-邻水-垫江一线;飞仙关组在海槽西侧沉积厚度大于600 m、东侧大于500 m的区域为盆地相沉积。综合多方面的资料,基本确定开江-梁平海槽的边界:西侧大致为青林1井-白龙1井-思1井-龙会1井一线;东侧为天东10井-川岳83井-川涪82井一线。海槽东侧边界由断裂形成,随海槽的关闭,其边界位置相对变化较小;海槽西侧边界由斜坡形成,随海槽的关闭,其边界位置逐渐变化。预测川北地区台缘鲕滩发育面积可达 $3 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。在海槽西侧,台缘鲕滩主要分布于江油、广元、梁平和邻水围成的区域内;在海槽东侧,台缘鲕滩主要发育于云阳、万县和通江两河口一带。

关键词:海槽;台缘鲕滩;边界;飞仙关组;四川盆地北部

中图分类号:TE111.2

文献标识码:A

Preliminary study of the boundary of Kaijiang - Liangping trough
in northern Sichuan basin and its characteristicsWei Guoqi¹, Chen Gengsheng², Yang Wei¹, Yang Yu², Jia Dong³, Zhang Lin¹,
Xiao Ancheng⁴, Chen Hanlin⁴, Wu Shixiang¹, Jin Hui¹, Shen Juehong¹

(1. Langfang Branch of Petroleum Exploration & Development Research Institute, PetroChina, Langfang, Hebei 065007, China;

2. Southwest Oil & Gasfield Company, PetroChina, Chengdu, Sichuan 210039, China; 3. Nanjing University,

Nanjing, Jiangsu; 4. Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027, China)

Abstract: Kaijiang - Liangping trough controls the distribution of platform edge oolitic shoal in the Feixianguan Fm in northern Sichuan basin. It is found from the seismic section that the eastern boundary to be a breakpoint, while the western boundary appears as an onlap point. In respect of sedimentary petrography, basin and slope facies are developed between the two boundaries mentioned above, which are represented by thin bedded marl and debris flow sediment, respectively. The earliest platform edge oolitic shoal deposit is located along Jiangyou - Zitong - Nanchong - Linshui - Dianjiang. The Feixianguan Fm is of basin facies on the western side of the trough with sediments of over 600 m thick and on the eastern side of the trough with sediments of over 500 m thick. Based on various evidences, the western boundary of the trough is basically determined to be approximately along Qinglin 1 well - Bailong 1 well - Si 1 well - Longhui 1 well, while its eastern boundary is along Tiandong 10 well - Chuanyue 83 well - Chuanfu 82 well. The trough is bounded by faults in the east, so the boundary location has only a little change in the course of the closing of the trough, while the western boundary is composed of slopes and the boundary location has gradually changed along with the closing of the

收稿日期:2005-08-20

第一作者简介:魏国齐(1964—),男,教授级高级工程师、博士,石油天然气地质

基金项目:国家“十五”科技攻关项目(2001BA606A04)

trough. It is predicted that the area of platform edge oolitic shoal can be up to $3 \times 10^4 \text{ km}^2$ in the northern Sichuan basin. On the west side of the trough, the platform edge oolitic shoal is mainly distributed in the area encircled by Jiangyou, Guangyuan, Liangping and Linshui; while on the east side of the trough, it is mainly distributed in Yunyang, Wanxian and Lianghekou (of Tongjiang).

Key words: trough; platform edge oolitic shoal; boundary; Feixianguan Fm; northern Sichuan basin

四川盆地北部是指资阳—合川—忠县一线以北,构造上为上扬子板块的一部分,北以米苍山—大巴山推覆造山带为界,西以龙门山推覆造山带为界,向东与中扬子区相连,是四川大型含油气盆地的主要产油气区。

川东自1963年巴3井在早三叠世飞仙关组鲕滩中获商业气流至今,经过近40 a的努力,终于近几年在飞仙关组鲕滩中取得重大突破,探明天然气地质储量近 $2\,500 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。多年的研究表明,气藏主要环开江—梁平海槽分布,受海槽分布范围的控制^[1-4]。开江—梁平海槽的概念是王一刚1998年提出的,初步认为其成因与峨嵋“地裂运动”和南秦岭洋勉略—紫阳洋盆裂陷有关^[5]。晚二叠世—早三叠世南秦岭洋的扩张、收缩直接影响了四川盆地北部的构造和沉积格局^[6,7],开江—梁平海槽就是这个时期形成的,其直接影响到川北地区晚二叠世长兴组生物礁气藏和早三叠世飞仙关组鲕滩气藏的分布。

1 沉积体系

飞仙关组是四川盆地北部地区早三叠世的沉积,其下伏地层为晚二叠世长兴组(或大隆组),上覆地层为早三叠世嘉陵江组,主要由深灰色、灰色薄—中层状含泥质、泥质灰岩、鲕粒灰岩、鲕粒白云岩、藻纹层白云岩和石膏等组成,含 *Claraia*

wangi, *Claraia stachei*, *Claraia aurita* 等化石组合,厚度约400~750 m。

该区为典型的盆地(海槽)—台地沉积体系^[1,5,8]。从开江—梁平海槽向东、西两侧,沉积相的展布依次为盆地相—斜坡相—台缘鲕粒滩相—开阔台地相—局限台地相—蒸发台地相。由于海槽东、西边界性质的不同,致使两侧碳酸盐岩台地地貌上存在着差异,主要表现为西侧沉积水体相对较深。

2 边界确定

2.1 地震剖面证据

地震剖面的解释能直观地反映覆盖区的地质特征、地质体的构造特征、沉积体的厚度及上、下关系等。开江—梁平海槽东、西两侧的地震反射特征是不同的。在海槽东侧可以观察到切割长兴—飞仙关组的早期断层,断距约100~200 m;海槽西侧在地震剖面中的表现明显不同于东侧,其断层不发育,主要以盆地相向斜坡或斜坡向台地的地层超覆、减薄或者尖灭为特征。

如五宝场98WBC006测线地震剖面(图1a),海槽东部边界附近断层出现在地震剖面西南端下部。边界断层表现为下部正断下掉、上部逆冲的正反转断层,断层面倾向西南,倾角70°左右。二

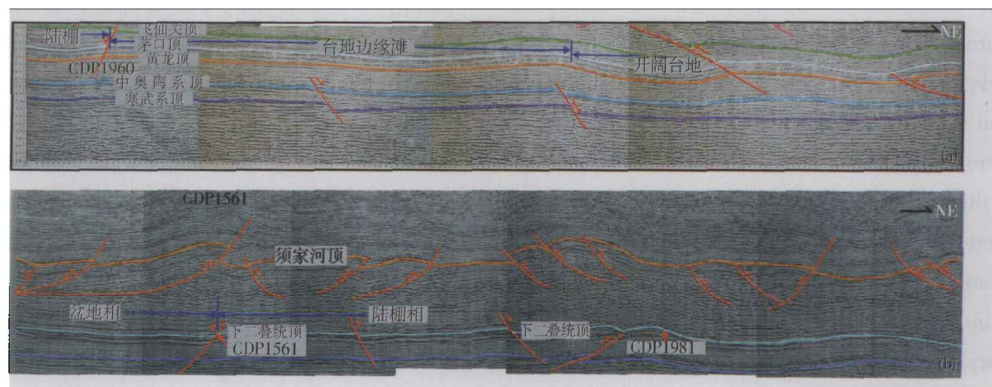


图1 海槽东侧边界地震解释剖面

Fig. 1 Seismic section of the eastern boundary of the trough

(a) 98WBC006 测线; (b) 00DBS006 测线

叠系地层向下错动约 100 m,飞仙关组地层在正断层下降盘一侧增厚约 200 m,飞仙关组顶面反转逆冲近 100 m,由此恢复构造反转前的正断层断陷深度约 200 m。在正反转边界断层的上部出现一组向北东逆冲的反向冲断层。嘉陵江组(T_{2j})膏盐层作为滑脱面,分隔了上部逆冲构造与下部断陷构造。例如剖面桩号 1960(CDP)处的早期正断层再活动,使得二叠系-飞仙关组地层受正断层牵引下降,嘉陵江组沉积、超覆在斜坡之上,从而构成了宽约 14 km 的地貌高地。

又如大巴山 00DBS006 测线地震剖面(图 1b),在此地震剖面的西南段桩号 1561(CDP)处,可以见到与五宝场 98WBC006 相同的边界构造表现,说明它们在走向上可以连接。下部正断层切割二叠系地层,在断层下降盘(SW 盘)能够观察到长兴组地层增厚现象。嘉陵江组膏盐层滑脱面之上同样发育反向冲断褶皱。另外,在桩号 1981(CDP)等处的二叠系地层中有早期正断层出现。

由此可见,海槽东侧的边界可能是由断裂形成的。在东侧地震剖面能找到一系列与 00DBS006 测线和 98WBC006 测线相似的断点,把这些断点连成线段,可以大致确定海槽东侧边界。

从海槽西侧的大量地震剖面上可以看到地层超覆、减薄或者尖灭点,从 96-YP002 测线剖面(图 2a)和 CDB89-D33 测线剖面(图 2b)上可以看到 CDP 点分别在 1870 和 1380 处有明显的超覆现象。从这个超覆点向东可以发现地层明显地加

厚,说明这里多出一套沉积。这种上超点在海槽西侧的地震剖面上比较常见。这些上超点可以形成 3 排大致平行的线段(图 3),说明在海槽西侧的上超过程至少发生过 3 次。在古地理上每一排上超点代表一个大的沉积转折:第一排(最远离海槽西侧边界)上超点可能代表着斜坡相到台地相的转折;第二排上超点可能代表着斜坡相到盆地相的转折。

2.2 岩石学证据

岩石学特征是确定沉积环境的重要证据之一^[7,9]。由于开江-梁平海槽深度并不大(约 200~300 m),处于碳酸盐岩补偿界面之上,属于海槽盆地相的沉积主要为薄层深色泥灰岩。它与台地相的区别在于台地相主要发育泥晶灰岩和颗粒灰岩;而斜坡相的沉积也主要为泥晶灰岩和少量泥灰岩,包括斜坡特征沉积物如浊流、碎屑流和等深流沉积。这样,可以通过大量露头 and 探井的岩石学特征研究来辅助确定开江-梁平海槽的边界。同时,从江油-两河口飞仙关组的地层对比剖面上(剖面位置见图 3)也可见到碳酸盐岩台地上的剖面(江油剖面 and 两河口剖面)沉积厚度小,为开阔台地相和局限台地相沉积;由台地区向剖面的中央,沉积厚度加大,沉积相开始发育斜坡相和盆地相;飞仙关组早期的盆地相主要发育于龙 4 井、碓 1 井和天台剖面(图 4),进一步表明了海槽在飞仙关早期的分布范围。

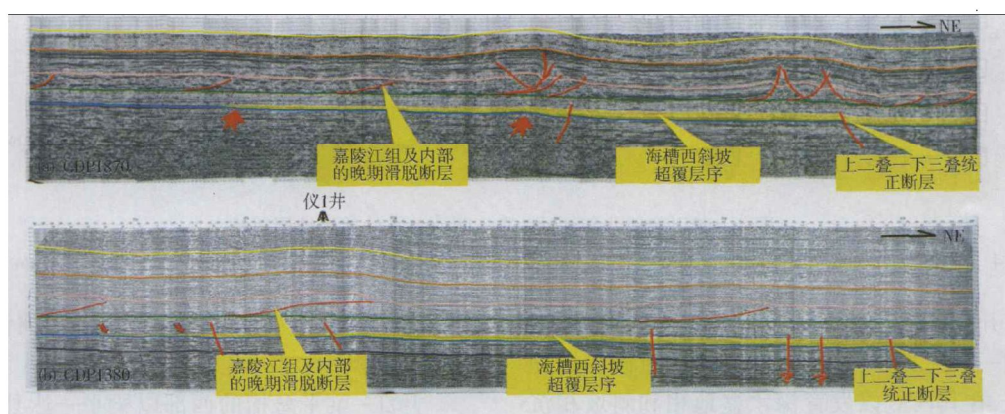


图 2 海槽西侧边界地震解释剖面

Fig. 2 Seismic section of the western boundary of the trough

(a) 96-YP002 测线; (b) CDB89-D33 测线

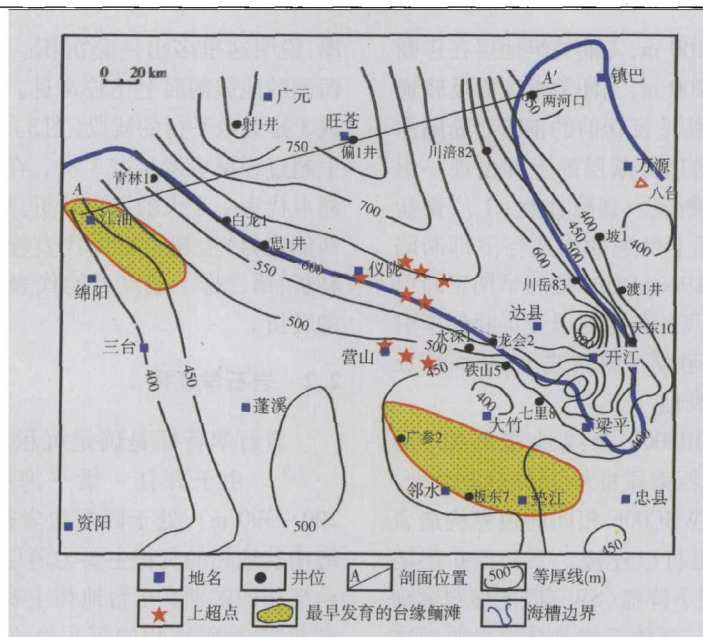


图3 海槽西侧地震剖面解释的上超点位置分布

Fig. 3 Position of onlap point interpreted from the seismic sections on the west side of the trough

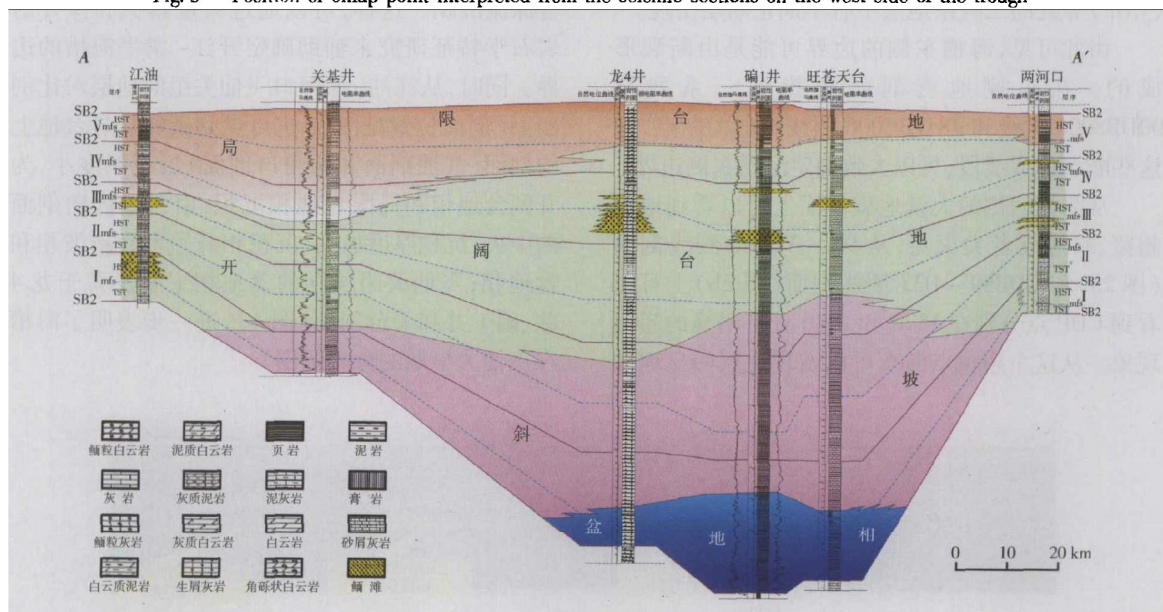


图4 四川盆地北部江油-通江两河口飞仙关组地层对比

Fig. 4 Stratigraphic correlation of the Feixianguan Fm in Jiangyou - Lianghekou (of Tongjiang), northern Sichuan basin

在开江-梁平海槽的东部以宣汉-通江-南江西侧一线为界,其东侧以发育台缘滩礁相沉积为特征,在其西侧以发育深水盆地相和斜坡相沉积为特征。在这条分界线的北端,盆地相和斜坡相沉积极为发育,见有多种类型的重力流沉积和等深流沉积。如在南江桥亭地区见有碎屑流沉积、深水浊积岩沉积和深水海槽盆地相沉积,在旺

苍天台地区见有大型滑动变形构造、碎屑流沉积、等深流沉积。

开江-梁平海槽的西部以梁平-达县-仪陇一线为界,在界线东侧北端的广元上寺一带以发育盆地碎屑流沉积和浊流沉积为特征,在偏1井鲕滩发育层段的下部发育有多层大段的代表深水盆地相沉积的薄层泥灰岩;界线的东北向海槽一

侧以发育盆地相沉积为特征,如龙会1井飞仙关组底部发育一套代表深水沉积的薄层页状泥晶灰岩、泥质灰岩夹钙质泥岩和页岩,颜色呈杂色到深灰色,水平层理发育,含双壳类、菊石类化石。上述特征说明,开江-梁平海槽的西部边界在梁平-达县-仪陇一线的附近。

2.3 台地边缘滩证据

根据威尔逊相模式和该区的沉积体系特征,可以认为台地边缘浅滩相与海槽盆地相之间有一个相对固定的距离,也就是斜坡相的宽度。如果能确定最早的台地边缘浅滩相发育的位置,就可以大致推测飞仙关组刚开始沉积时的盆地相分布位置,即海槽的展布范围。由于东侧边界由地震剖面解释出的断点来控制,其争议较小;而西侧为一斜坡,边界没有十分明显的标志,因此这里在利用地震剖面的上超点作为标志的同时,也可利用沉积相展布的特征来辅助判断海槽的边界。

地层对比研究发现,飞仙关组最早形成鲕滩的江油地区、广参2井和板东7井(图3)位于地震剖面解释发现的第一排上超点之上,第二排上超点可能为最早的盆地相沉积的边界,其间为斜坡相。

2.4 沉积厚度证据

海槽盆地相区的沉积厚度应比其周围的台地相区的沉积厚度大。飞仙关组的厚度等值线

图(图3)表明,台地相的沉积厚度大致在400~500 m之间,厚度在500~600 m之间的区域可能为斜坡相沉积,厚度大于600 m的区域可能为海槽盆地相的沉积范围。在海槽西侧,这条线为青林1井-白龙1井-思1井-龙会1井一线;而海槽东侧由于较陡,厚度在500~600 m的区域宽度较小,而且是在厚度500 m左右突然变化的,所以500 m这条线可能为海槽盆地相的边界。

综合上述4个方面的证据可以看出,海槽西侧边界大致为青林1井-白龙1井-思1井-龙会1井一线,东侧边界大致为天东10井-川岳83井-川涪82井一线(图3)。

3 边界特征

海槽东侧边界是由断裂形成的,从地震剖面、沉积相展布和厚度等值线等方面可以看出这个边界是很陡的。由于断裂形成的边界较陡,随着海槽的关闭,水体变浅并没有明显减少东侧海槽相的沉积范围,东侧海槽边界的相对变化是较小的(图5)。而海槽西侧边界是由斜坡形成的,从地震剖面、沉积相展布和厚度等值线等方面可以看出这个边界是很平缓的。随着海槽的向北(广海)方向退却,盆地相的沉积边界也向海槽方向迁移,即海槽西侧边界是逐渐变化的(图5)。

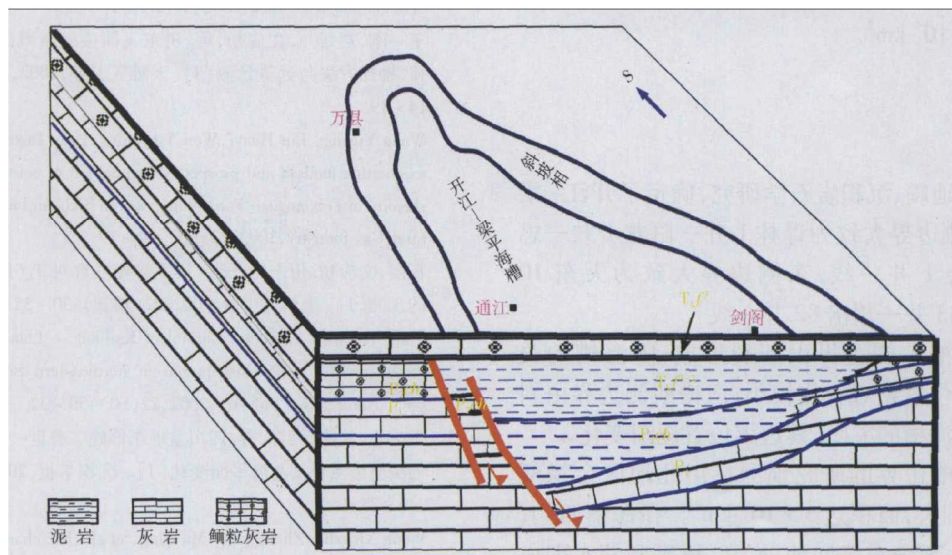


图5 开江-梁平海槽边界特征模式

Fig. 5 Characteristic pattern of the boundaries of Kaijiang-Liangping trough

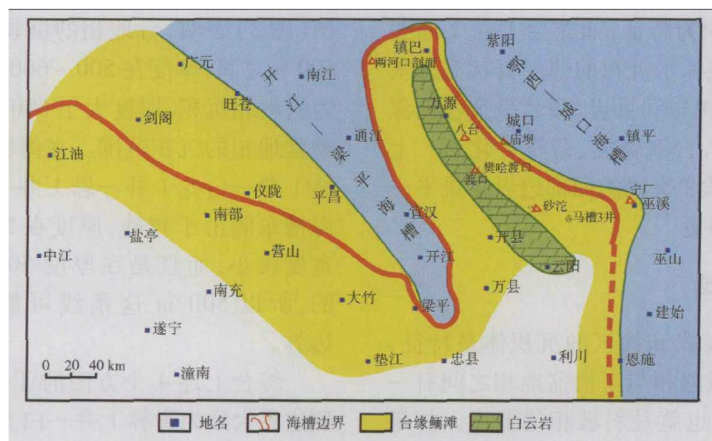


图6 川北开江-梁平海槽控制的台缘鲕滩分布预测

Fig. 6 Predicted distribution of platform edge oolitic shoal controlled by Kaijiang - Liangping trough in northern Sichuan basin

4 台缘鲕滩分布区预测

上述4个方面的证据表明海槽东侧的台地宽度不大,除去坡3井—鹰1井一线以东较高地带外,都可以沉积台缘鲕滩;而海槽西侧,由于海槽边界逐渐迁移,台缘鲕滩也逐渐向海槽方向迁移,以江油、广元、梁平和邻水为主形成大面积的台缘鲕滩;在开江-梁平海槽东侧,台缘鲕滩主要发育于云阳、万县和通江两河口一带(图6),面积相对较小。在四川盆地北部三叠系飞仙关组鲕滩分布面积达 $3 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

5 结论

1) 据地震、沉积岩石学研究,确定了开江-梁平海槽西侧边界大致为青林1井—白龙1井—思1井—龙会1井—线,东侧边界大致为天东10井—川岳83井—川涪82井—线。

2) 海槽东侧边界由断裂形成,随海槽的关闭,其边界位置相对变化较小;海槽西侧边界由斜坡形成,随海槽的关闭,其边界位置逐渐变化。

3) 海槽边界的研究预测在川北地区台缘鲕滩发育范围大,面积达 $3 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。在海槽西侧,台缘鲕滩主要分布于江油、广元、梁平和邻水围成的区域内;在海槽东侧,台缘鲕滩主要发育于云阳、万县和通江两河口一带。

参考文献

- 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
Wang Yigang, Wen Yingchu, Zhang Fan, et al. Distribution law of the organic reefs in Changxing Formation of Upper Permian in East Sichuan[J]. Natural Gas Industry, 1998,18(6):10~15
- 杨家静,王一刚,王兰生,等. 四川盆地东部长兴组—飞仙关组气藏地球化学特征及气源讨论[J]. 沉积学报,2002,20(2):349~353
Yang Jiajing, Wang Yigang, Wang Lansheng, et al. The origin and geochemical characters of Changxing reef and Feixianguan oolitic beach gas reservoirs in eastern Sichuan basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2002,20(2):349~353
- 王一刚,刘划一,文应初,等. 川东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 law, exploration method and prospective prediction of oolitic beach reservoirs in Feixianguan Formation, eastern Sichuan basin[J]. Natural Gas Industry, 2002,22(S0):14~19
- 杨雨,文应初. 川东北开江-梁平海槽发育对 T_1f 鲕粒岩分布的预测[J]. 天然气工业,2002,22(增刊):30~32
Yang Yu, Wen Yingchu. Control of Kaijiang - Liangping trough growth on T_1f oolite distribution in northeastern Sichuan basin[J]. Natural Gas Industry, 2002,22(S0):30~32
- 王兴志,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
Wang Xingzhi, Zhang Fan, Ma Qing, et al. The characteristics of reef and bank and the fluctuation of sea-level in Feixianguan period of Late Permian - Early Triassic, East Sichuan basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2002,20(2):249~254

- 6 徐言岗,贺自爱,曾凡刚. 川东北天然气成藏特征[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(3): 274 ~ 278
Xu Yangang, He Ziai, Zeng Fangang. Characteristics of gas accumulation in northeastern Sichuan basin[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(3): 274 ~ 278
- 7 陈洪德,覃建雄,田景春,等. 中国南方古生界层序地层格架中的生储盖组合类型及特征[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 62 ~ 69
Chen Hongde, Qin Jianxiong, Tian Jingchun, et al. Types and features of source-reservoir-cap rock combinations in Paleozoic sequence in southern China[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(1): 62 ~ 69
- 8 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
Wei Guoqi, Chen Gensheng, Yang Wei, et al. Sedimentary system of platform trough in Feixianguan Formation of Lower Triassic in northern Sichuan basin and its evolution[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22(2): 254 ~ 260
- 9 吴世祥,汤良杰,郭彤楼,等. 米仓山与大巴山交汇区构造分区与油气分布[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(3): 361 ~ 365
Wu Shixiang, Tang Liangjie, Guo Tonglou, et al. Structural zonation and oil/gas distribution in intersecting area of Micang and Daba mountains[J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(3): 361 ~ 365
- 10 魏国齐,杨威,张林,等. 川东北飞仙关组鲕滩储层白云石成因模式[J]. 天然气地球科学, 2005, 16(2): 162 ~ 166
Wei Guoqi, Yang Wei, Zhang Lin, et al. Dolomitization genetic model of Feixianguan oolitic beach reservoirs in northeast Sichuan basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2005, 16(2): 162 ~ 166

(编辑 李 军)

(上接第84页)

- Wan Tianfeng. Paleo-tectonic stress field[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988. 82 ~ 87, 124 ~ 144
- 8 万天丰. 构造应力场研究的新进展[J]. 地学前缘, 1995, 2(1 ~ 2): 226 ~ 235
Wan Tianfeng. The progress of researches on tectonic stress field[J]. Earth Science Frontiers, 1995, 2(1 ~ 2): 226 ~ 235
- 9 陈志德,蒙启安,万天丰,等. 松辽盆地古龙凹陷构造应力场弹-塑性增量法数值模拟[J]. 地学前缘, 2002, 9(2): 483 ~ 492
Chen Zhide, Meng Qi'an, Wan Tianfeng, et al. Numerical simulation of tectonic stress field in Gulong depression in Songliao basin using elastic-plastic increment method[J]. Earth Science Frontiers, 2002, 9(2): 483 ~ 492
- 10 张守仁,万天丰,陈建平. 川西坳陷孝泉-新场地区须家河组二-四段构造应力场模拟及裂缝发育区带预测[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 70 ~ 80
Zhang Shouren, Wan Tianfeng, Chen Jianping. Tectonic stress field modeling and fracture prediction in T_3x^{2-4} strata in Xiaoquan-Xinchang area, western Sichuan depression[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(1): 70 ~ 80
- 11 王庭斌. 新近纪以来的构造运动是中国气藏形成的重要因素[J]. 地质论评, 2004, 50(1): 33 ~ 42
Wang Tingbin. Tectonic movement since the Neogene—a significant factor of the formation of the gas reservoirs in China[J]. Geological Review, 2004, 25(1): 70 ~ 80
- 12 王庭斌. 中国气藏主要形成、定型于新近纪以来的构造运动[J]. 石油天然气地质, 2004, 25(2): 126 ~ 132
Wang Tingbin. Gas pools in China have mainly been formed and finalized during tectonic movements since Neogene[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2): 126 ~ 132
- 13 万天丰. 中国东部中、新生代板内变形构造应力场及其应用[M]. 北京:地质出版社, 1993. 30 ~ 31
Wan Tianfeng. Meso-Cenozoic intraplate deformation tectonic stress field in eastern China and its application[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993. 30 ~ 31
- 14 Ross J V, Lallement H A, Carter N. Stress dependence of recrystallized-grain and subgrain size in olivine[J]. Tectonophysics, 1980, 70(1 ~ 2): 39 ~ 61
- 15 White S. Difficulties associated with paleo-stress estimates[J]. Bull Mineral, 1979, 102: 210 ~ 215
- 16 Nuttal J, Nutting J. Structure and properties of heavily coldworked for metals and alloys[J]. Metal Science, 1978, 12: 430 ~ 437
- 17 郭铁鹰,万天丰. 青藏高原西部日土-普兰一带古构造应力值的估算[J]. 现代地质, 1988, 2(1): 57 ~ 66
Guo Tieying, Wan Tianfeng. Estimation of paleo-tectonic stress magnitude in Rutog-Burang area, western Xizang-Qinghai plateau, China[J]. Geoscience, 1988, 2(1): 57 ~ 66
- 18 McCormick J W. Transmission electron microscopy of experimentally deformed synthetic quartz[D]. Ph. D. dissertation, University of California. Los Angeles, 1977

(编辑 李树森)