

文章编号: 0253-2697(2017)12-1343-13 DOI:10.7623/syxb201712002

# 川东忠县一鱼池地区二叠系—三叠系海槽相、台缘相的发现及勘探意义

蒋裕强<sup>1,2</sup> 谷一凡<sup>1,2</sup> 刘菲<sup>3</sup> 刘冬玺<sup>3</sup> 陈卫东<sup>3</sup> 廖义沙<sup>3</sup> 张文济<sup>3</sup> 蒋婵<sup>4</sup>

(1. 西南石油大学地球科学与技术学院 四川成都 610500; 2. 四川省天然气地质重点实验室 四川成都 610500; 3. 中国石油西南油气田公司重庆气矿 重庆 400021; 4. 中国石油西南油气田公司勘探事业部 四川成都 610041)

**摘要:**川东—鄂西地区晚二叠世—早三叠世发育开江—梁平海槽与城口—鄂西海槽,明确环海槽分布的台地边缘及沉积相带展布对指导二叠系—三叠系礁滩气藏的勘探开发具有重要现实意义。基于川东忠县—鱼池地区窑厂、千野草场、楠木桠和三塘坡剖面上长兴组—飞仙关组的现场实测和系统取样分析,结合钻井资料和建南地区前期研究成果,认为大池干—石宝寨—高峰场区块为开阔台地相沉积,而开江—梁平海槽主体未向该区延伸;忠县—鱼池地区发育海槽相深水沉积,开江—梁平海槽与建南地区浅水陆棚直接相连,向东直接连通城口—鄂西海槽主体,其两侧发育台地边缘相礁滩沉积。通过确定台地边缘平面展布规律,进一步扩展了研究区内台地边缘分布范围,为川东地区二叠系—三叠系礁滩气藏的勘探开发揭示了全新的领域。

**关键词:**沉积相;川东—鄂西地区;礁滩;二叠系—三叠系;海槽;台地边缘

**中图分类号:**TE122.2 **文献标识码:**A

## Discovery and exploration significance of Permian-Triassic trough and platform margin facies in Zhongxian-Yuchi area, eastern Sichuan Basin

Jiang Yuqiang<sup>1,2</sup> Gu Yifan<sup>1,2</sup> Liu Fei<sup>3</sup> Liu Dongxi<sup>3</sup> Chen Weidong<sup>3</sup> Liao Yisha<sup>3</sup> Zhang Wenji<sup>3</sup> Jiang Chan<sup>4</sup>

(1. School of Geoscience and Technology, Southwest Petroleum University, Sichuan Chengdu 610500, China; 2. Key Laboratory of Natural Gas Geology of Sichuan Province, Sichuan Chengdu 610500, China; 3. Chongqing Gas Field, PetroChina Southwest Oil and Gas Field Company, Chongqing 400021, China; 4. Exploration Division, PetroChina Southwest Oil and Gas Field Company, Sichuan Chengdu 610041, China)

**Abstract:** The Kaijiang-Liangping trough and the Chengkou-western Hubei trough were developed in the Late Permian-Early Triassic eastern Sichuan Basin-western Hubei area. To determine the distribution of platform margin and sedimentary facies surrounding the trough has an important realistic significance for guiding the exploration and development in Permian-Triassic reef and shoal gas reservoirs. Based on the field measurement and systematic sampling analysis of Changxing-Feixianguan Formation on Yaochang, Qianyecaochang, Nanmuya and Sandengpo outcrops in Zhongxian-Yuchi area, eastern Sichuan Basin, in combination with the well drilling data and early research achievement of Jiannan area, Dachigan-Shibaozhai-Gaofengchang block is considered as the opening platform facies sediment, while the main body of Kaijiang-Liangping trough has not extended to this area. The trough facies deep-water sediment is developed in Zhongxian-Yuchi area, and the Kaijiang-Liangping trough is directly connected with the shallow shelf in Jiannan area, directly contacting the main body of Chengkou-western Hubei trough eastwards with platform edge facies reef and shoal sediment on both sides. Through determining the plane distribution rule of platform margin, the platform margin distribution range in the study area has been further extended, which reveals a brand new field for the exploration and development in the Permian-Triassic reef and shoal gas reservoirs of eastern Sichuan Basin.

**Key words:** sedimentary facies; eastern Sichuan Basin-western Hubei area; reef and shoal; Permian-Triassic; trough; platform margin

**引用:**蒋裕强,谷一凡,刘菲,刘冬玺,陈卫东,廖义沙,张文济,蒋婵.川东忠县—鱼池地区二叠系—三叠系海槽相、台缘相的发现及勘探意义[J].石油学报,2017,38(12):1343-1355.

**Cite:**JIANG Yuqiang,GU Yifan,LIU Fei,LIU Dongxi,CHEN Weidong,LIAO Yisha,ZHANG Wenji,JIANG Chan. Discovery and exploration significance of Permian-Triassic trough and platform margin facies in Zhongxian-Yuchi area, eastern Sichuan Basin [J]. Acta Petrolei Sinica,2017,38(12):1343-1355.

四川盆地作为中国海相碳酸盐岩油气勘探的重点对象<sup>[1-4]</sup>,围绕开江—梁平海槽两侧台缘带先后发现了渡口河、罗家寨、滚子坪、普光、铁山等大中型二叠系—三叠系礁滩气藏,累计探明储量达到  $4\ 000 \times 10^8 \text{ m}^3$  以

**基金项目:**国家自然科学基金项目(No. 41272135)资助。

**第一作者及通信作者:**蒋裕强,男,1963年12月生,1985年获西南石油学院学士学位,1993年获西南石油学院硕士学位,现为西南石油大学地球科学与技术学院教授,主要从事非常规油气地质及复杂碳酸盐岩储层地质研究工作。Email: xnsyjq3055@126.com

上,礁滩气藏三级地质储量近  $10\ 000 \times 10^8\ \text{m}^3$ 。目前环开江—梁平海槽主体台地边缘带的分布,因钻井资料充足和多轮三维地震解释已基本落实。位于开江—梁平海槽主体与城口鄂西海槽主体之间的忠县—建南地区(包括大猫坪、石宝寨、高峰场等区块),因礁滩研究尚不充分,加之构造情况复杂,地震测线多是2000年以前采集的二维地震资料,且存在分布不均、覆盖次数低(10~20次)等缺陷,限制了该区地震相、储层预测技术的全面深入研究<sup>[5]</sup>,对该区沉积相类型及相带展布一直存在争议:①认为该区长兴组沉积期为开阔台地相<sup>[6]</sup>,将区内少数井钻遇的生物礁解释为台内点礁<sup>[7-8]</sup>;②认为该区存在开江—梁平海槽的延伸部分,但与城口—鄂西海槽不连通<sup>[9]</sup>;③有研究者基于地震剖面响应提出该区可能存在连接开江—梁平海槽与城口—鄂西海槽的浅水陆棚<sup>[10-12]</sup>;④也有人基于钻井资料认为建南地区存在连接开江—梁平海槽主体与城口—鄂西海槽主体的浅水陆棚或海槽<sup>[13-15]</sup>。笔者在前人关于建南地区研究成果的基础上,基于该区方斗山西翼所出露的窑厂、三澄坡、千野草场和楠木桠地层剖面实测资料,结合邻区石宝寨、大池干、高峰场等区块钻井资料,认为在忠县—鱼池地区发育海槽相深水沉积及海槽两侧高能台缘相,该海槽与建南地区浅水陆棚相接,连通城口—鄂西海槽,进一步拓展了沿台地边缘带礁滩气田的勘探领域。

### 1 地质概况

研究区地理位置位于重庆市忠县和万县之间(图1),构造单元为川东高陡构造带,出露窑厂、千野草场、楠木桠和三澄坡剖面,向北紧邻重庆气矿高峰厂构造,向西紧邻大池干构造,西北距开江—梁平海槽主体约45 km,东部距城口—鄂西海槽约87 km。由于构造情况复杂,各剖面出露情况有所不同。其中窑厂、楠木桠剖面出露较连续、易于观测,主要发育嘉陵江组、飞仙关组和长兴组(大隆组),其他3个剖面以出露嘉陵江组、飞仙关组和长兴组为主,各剖面不同地层间岩性界面明显(表1)。多年来勘探开发研究成果表明,川东北—鄂西地区二叠系为典型的“槽台”沉积体系<sup>[16]</sup>,即二叠纪末期峨嵋“地裂运动”导致川东北—鄂西地区二叠纪长兴组沉积期—飞仙关组沉积早期存在开江—梁平海槽与城口—鄂西海槽两大深水沉积区<sup>[17-19]</sup>,与浅水碳酸盐台地共同组成“槽台”沉积格局,分异出了碳酸盐岩开阔台地相、台地边缘相、斜坡相和海槽(盆地)相4大沉积单元<sup>[20]</sup>,飞仙关组即在此沉积格局上继承性沉积,飞仙关组沉积早期巨厚的泥晶灰岩沉积(500~900 m)逐渐将开江—梁平海槽填平补齐,到中—晚期则演化为开阔台地相,以发育台内鲕滩和滩间灰泥沉积为主,至末期则以蒸发台地相沉积为主,对应沉积岩类型主要为石膏岩和膏质白云岩。

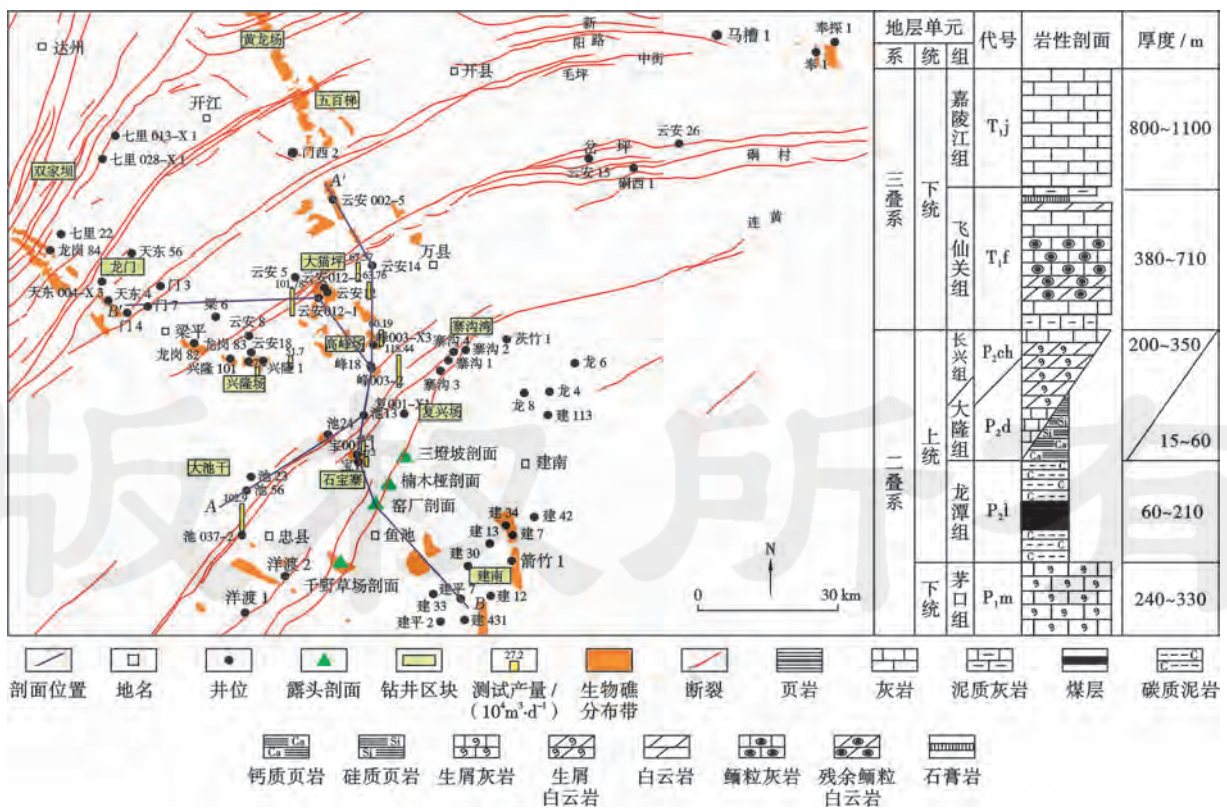


图1 研究区地理位置及地层柱状图

Fig. 1 Geographical location and stratigraphic column of study area



表 1 研究区各剖面地层出露情况统计

Table 1 Situation statistics of outcrops in study area

剖面	出露地层	沉积相类型
窑厂	嘉陵江组—飞仙关组—大隆组—龙潭组	海槽相
千野草场	嘉陵江组—飞仙关组—长兴组	台地边缘相
楠木桷	嘉陵江组—飞仙关组—长兴组	台地边缘相
三墩坡	嘉陵江组—飞仙关组	台地边缘相

## 2 海槽相和台缘相的发现

### 2.1 海槽相

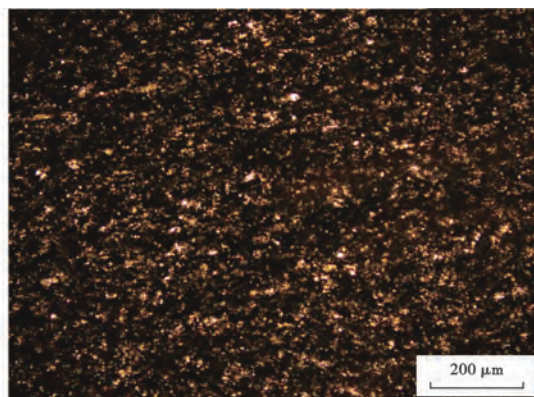
前人研究表明,峨眉地裂运动引发的盆内裂隙导致基底断块的快速沉降而形成了海槽相深水沉积区,其沉积水体的深度仅 200~300 m,且位于氧化界面之下,碳酸盐岩补偿界面之上。其在海侵达到最大时,沉积了以暗色泥岩、硅质页岩、硅质灰岩为主的大隆组凝缩沉积<sup>[21-23]</sup>,与浅水碳酸盐岩相区(长兴组沉积区)组成成分明显的沉积格局,二者为同期异相地层,以斜坡相为沉积过渡。在开江—梁平海槽主体,如龙岗东地区龙岗 84 井—天东 4 井—门 4 井一线以北的地区,大隆组通常厚度为 20~50 m,但在海槽与

台地过渡区偏厚,如天东 004-X3 井大隆组厚度可达 80~90 m,岩性主要由黑色薄层硅质灰岩、放射虫硅质岩、钙质泥岩组成<sup>[24-25]</sup>。

笔者在方斗山西翼窑厂剖面发现其发育有典型的大隆组沉积,岩性为薄层状硅质页岩夹中层状硅质、泥质灰岩和硅质结核灰岩(图 2),具有富硅、富有机质、贫生屑、单层厚度薄、层间接触面规整等特点,缺乏波浪作用及生物扰动等沉积构造,为典型深水沉积<sup>[25]</sup>,厚度约 50 m,与下伏龙潭组(吴家坪组)中层状浅灰色泥晶灰岩呈整合接触,其与上覆飞仙关组薄层状泥晶灰岩同样呈整合接触(图 3)。该剖面飞仙关组地层下部岩性为薄—中层状深灰色泥晶灰岩,生屑含量极低,偶见介形虫碎片。鲕滩主要发育在飞仙关组上部,上部发育单层滩体厚度小(<10 m)、累计厚度小(<20 m)的鲕粒灰岩,未见明显白云石化作用,与开江—梁平海槽主体的海槽相飞仙关组特征一致,至顶部则以薄层状紫红色泥岩、泥质灰岩与嘉陵江组薄层状灰岩为岩性分界,飞仙关组出露地层厚度接近 500 m(图 4),整体表现出因海槽相区飞仙关组对海槽(陆棚)的填平补齐效应而导致飞仙关组显著增厚的现象<sup>[19]</sup>。



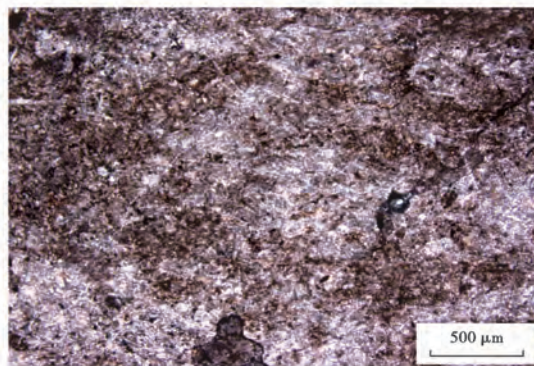
(a) 薄层状灰黑色硅质页岩,单层厚度不超过 5 cm,大隆组,窑厂剖面



(b) 硅质页岩,有机质含量高,大隆组,窑厂剖面



(c) 泥质灰岩与薄层状硅质页岩呈互层,大隆组,窑厂剖面



(d) 泥质灰岩,泥质含量极高,大隆组,窑厂剖面

图 2 研究区窑厂剖面海槽相岩石学特征

Fig. 2 Petrological characteristics of trough facies of Yaochang outcrop in study area



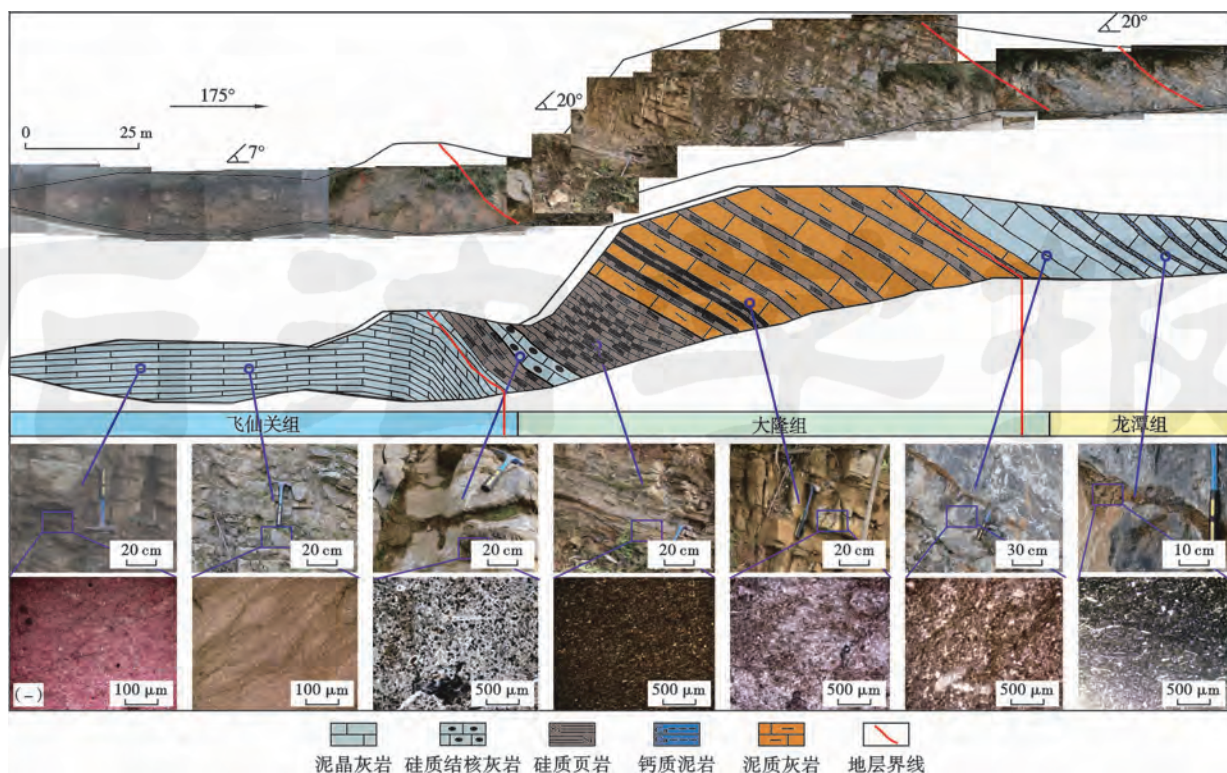


图3 研究区窑厂剖面地层综合特征

Fig. 3 Comprehensive characteristics of Yaochang outcrop in study area

## 2.2 台缘相

作为开阔台地相与海槽相之间的过渡相,台地边缘相往往沿海槽边缘呈狭长带状展布,由于直接面向广海,具有水体能量高、循环畅通、营养物质丰富等特点<sup>[26-27]</sup>,长兴组沉积期发育有规模较大的台缘生物礁滩组合,而在飞仙关组沉积期则在长兴组沉积期台缘的基础上,形成厚层台缘鲕粒滩沉积体,因此三澄坡剖面虽未出露长兴组,但其飞仙关组台缘相沉积特征仍能代表二叠系—三叠系台缘相。

### 2.2.1 台缘生物礁亚相

以楠木桠剖面和千野草场剖面为例,生物礁底部为亮晶生屑灰岩形成的生屑滩,是生物礁生长的基座<sup>[14]</sup>,而生物礁主体部分造礁生物则以串管海绵[图5(b)]、纤维海绵[图5(c)]等为主,形成抗浪主体,造礁生物个体大小一般为4~8 cm,其中纤维海绵具有坚硬的硬体骨骼,其大量繁殖使个体之间形成紧密的坚固格架;水螅类具有分泌形成钙质硬体骨骼的能力,亦参与造礁;钙藻类具有较强的吸附、黏结能力,能固着钙质海绵参与造礁<sup>[27]</sup>。纤维海绵的水道和生屑颗粒之间均被亮晶方解石完全胶结,指示其对应沉积环境水体能量较高(图6)。

### 2.2.2 台缘滩亚相

以三澄坡剖面和楠木桠剖面的厚层鲕粒滩为代表,在这2个剖面飞仙关组的中、下部均发育厚层一块

状亮晶鲕粒灰岩。三澄坡剖面鲕粒滩可见大型楔状交错层理,飞仙关组下部未完全出露的情况下,飞仙关组中下部发育的鲕粒滩累计厚度大于70 m,鲕粒类型多样,主要包括:①粒径小于2 mm的正常鲕,多呈圆状或次圆状,同心纹层结构清晰,纹层厚度多大于核心,镜下通常可识别至少8~10个纹层;②粒径突破2 mm[图5(d)],但形态结构和矿物组分未发生改变的“巨鲕”(giant ooids)<sup>[28]</sup>,其为鲕粒核心供应速率较低引发的鲕粒过度发育的产物;③粒径较大(5~11 mm),由多个较小的鲕粒作为核心,被光滑的鲕粒纹层包裹,形状不规则的复鲕,这些复鲕具有平滑的纹层结构而与其他类型的聚合颗粒(如葡萄石、凝块石等)相区别<sup>[29]</sup>,鲕粒往往沿水流方向呈定向排列,粒间均为亮晶方解石胶结物,这些特征都指示了高能动荡沉积环境(图7)。值得注意的是,三澄坡剖面飞仙关组与湖北利川剖面大冶组在沉积和岩性特征<sup>[25]</sup>上存在极大的相似性:①在飞仙关组(大冶组)上部—顶部,均发育显生宙罕见的巨鲕,块状鲕粒灰岩累计厚度至少为50 m;②飞仙关组底部均与大冶组顶部呈整合接触关系;③巨鲕和复鲕的内部结构和产状几乎相同,平滑的鲕粒圈层均显示出明显的亮层和暗层交互的特点,巨鲕粒径大多超过5 mm,最大可达8~10 mm;④块状鲕粒灰岩内部均发育大型楔状交错层理,指示高能动荡水体环境(图8)。

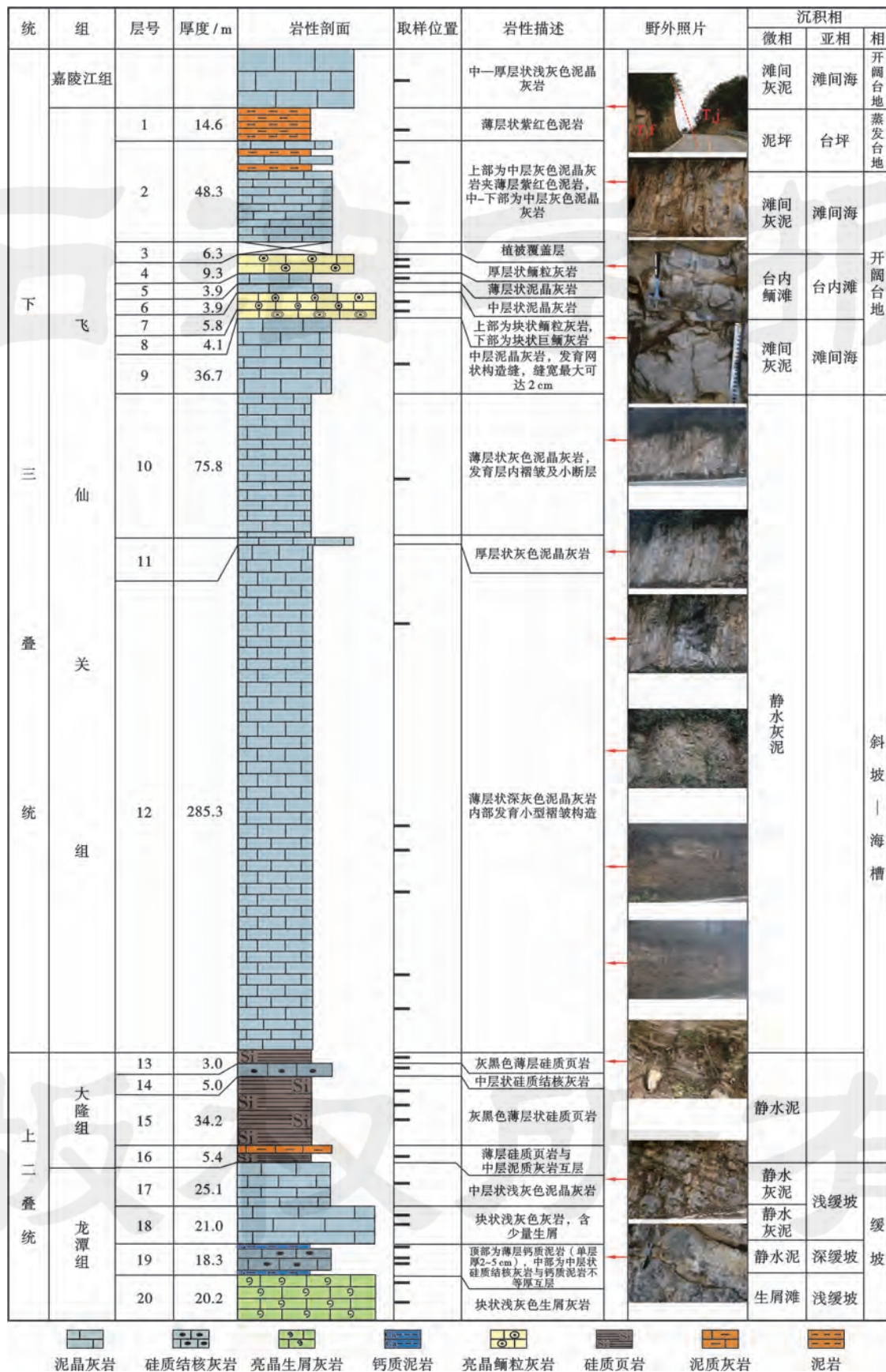
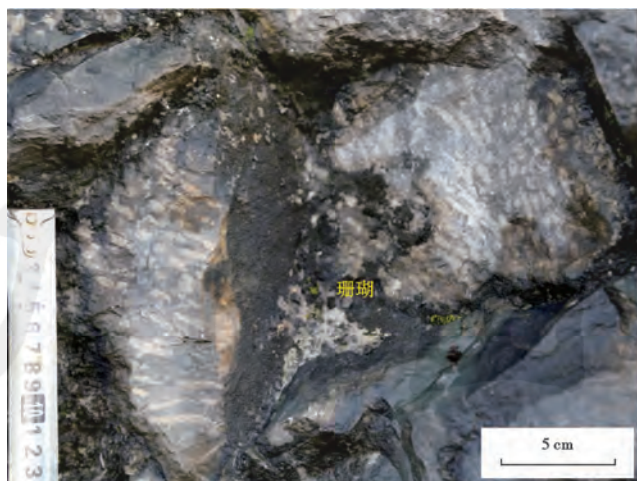


图 4 研究区窑厂剖面地层-沉积相柱状图

Fig. 4 The stratigraphic-sedimentary facies column of Yaochang outcrop in study area

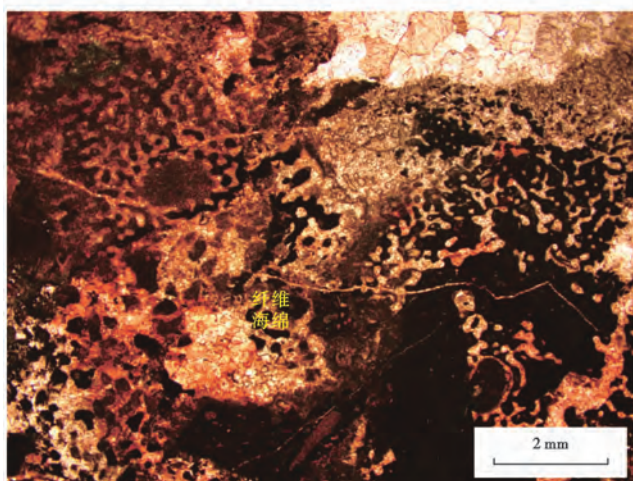




(a) 珊瑚, 个体大小达 15~20 cm, 长兴组, 千野草场剖面



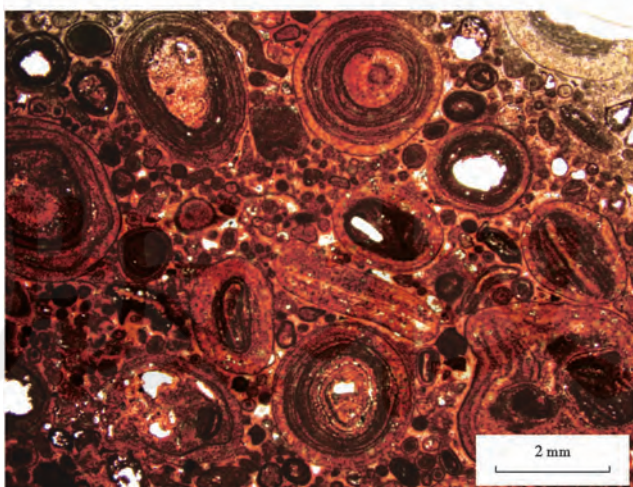
(b) 灰白色生物礁灰岩中见造礁生物串管海绵, 大小为 8~10 cm, 长兴组, 楠木桤剖面



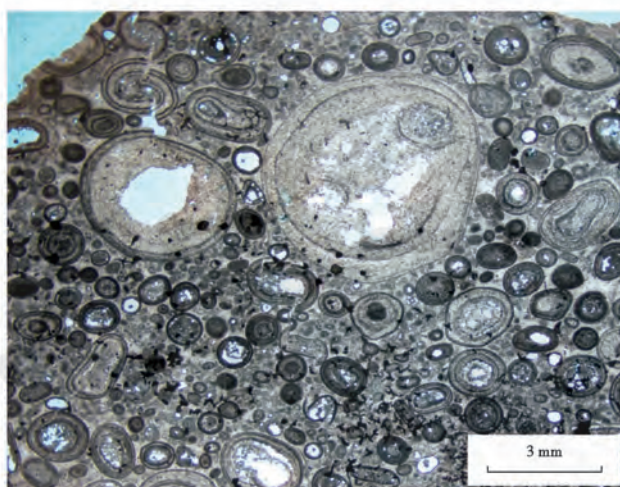
(c) 造礁生物纤维海绵, 海绵间和海绵水道内被亮晶方解石完全充填, 长兴组, 千野草场剖面



(d) 亮晶鲕粒灰岩, 鲕粒大小达 4~8 mm, 飞仙关组, 三澄坡剖面



(e) 亮晶鲕粒灰岩, 鲕粒大小为 2~3 mm, 飞仙关组, 三澄坡剖面

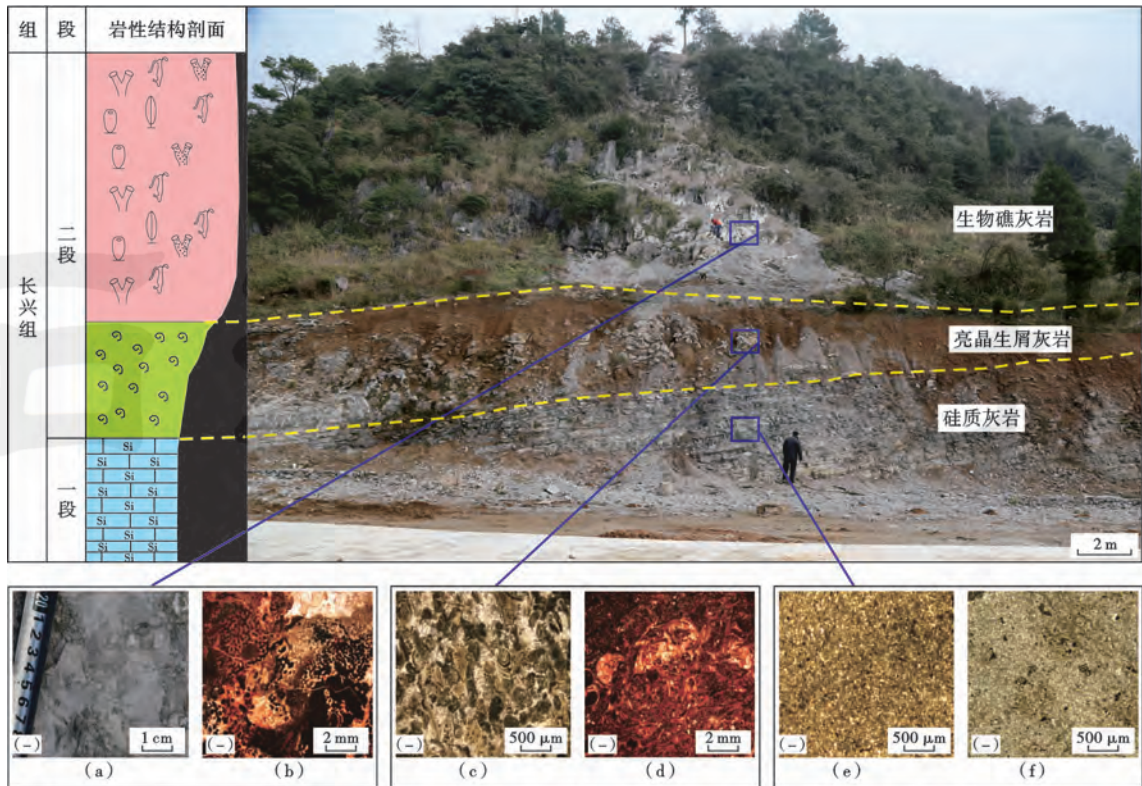


(f) 亮晶鲕粒灰岩, 鲕粒间被亮晶方解石完全充填, 飞仙关组, 楠木桤剖面

图 5 研究区台缘礁、滩岩石学特征

Fig. 5 The petrographic features of platform-margin reef and oolite shoal in study area





生物礁灰岩,造礁生物以纤维海绵为主 亮晶生屑灰岩,生物以蜓类、腹足类、棘皮类为主 硅质灰岩,以泥晶结构为主,岩性致密

图 6 研究区千野草场剖面台缘生物礁综合特征

Fig. 6 Comprehensive characteristics of platform margin reef of Qianyecaochang outcrop in study area

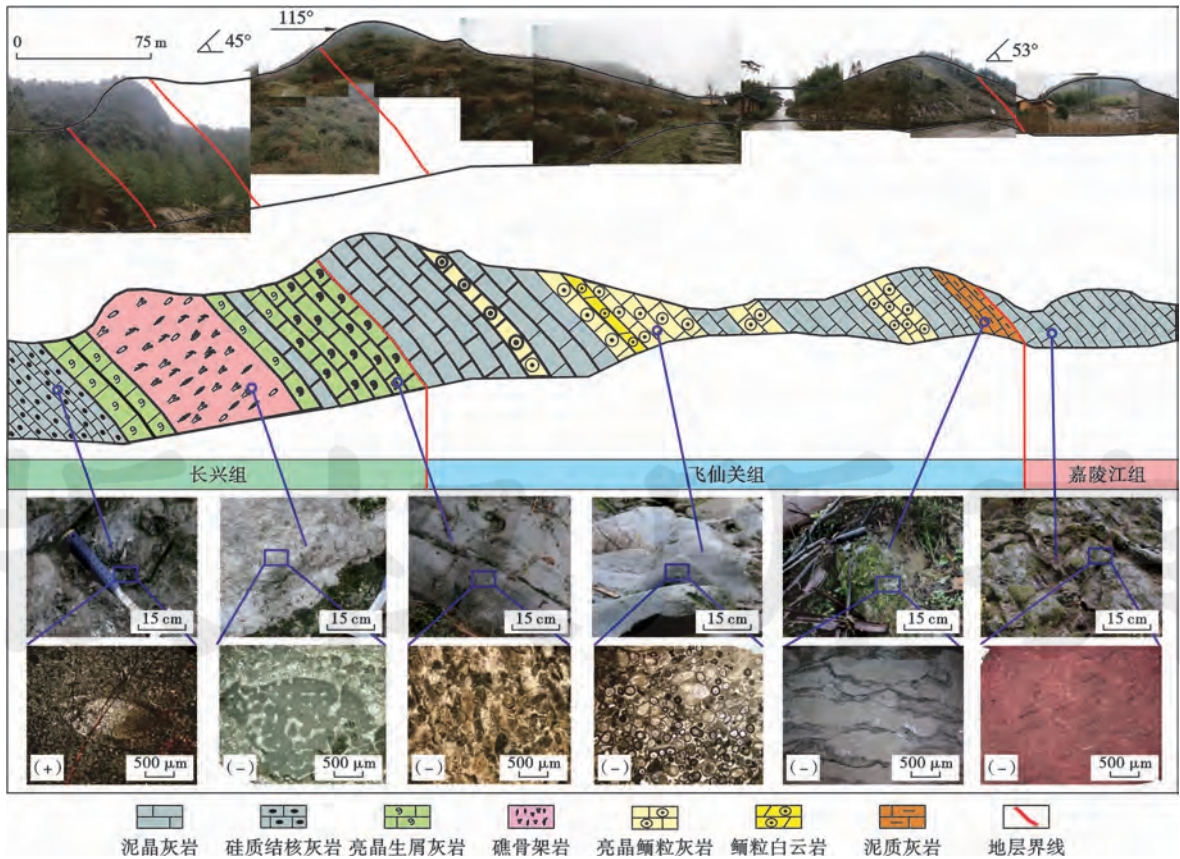


图 7 研究区楠木桠剖面地层综合特征

Fig. 7 Comprehensive characteristics of Nanmuya outcrop in study area



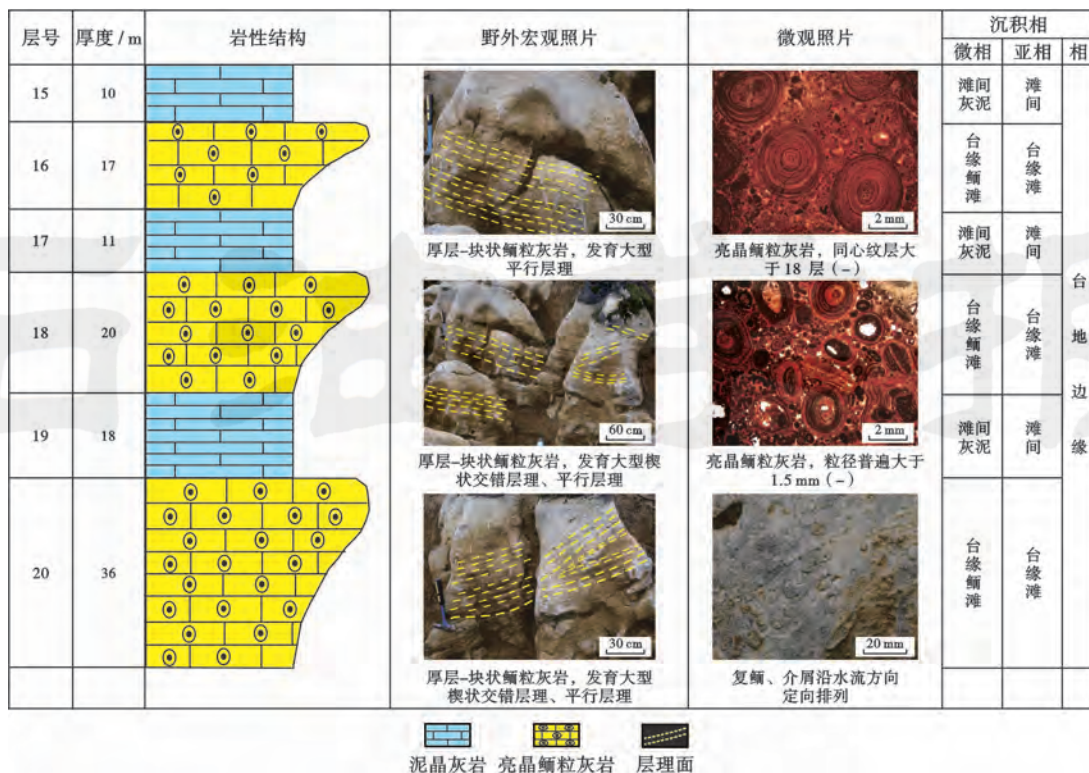


图8 研究区三蹬坡剖面典型台缘鲕粒滩沉积相柱状图

Fig. 8 The sedimentary facies histogram of typical platform-margin oolite shoal in Sandengpo outcrop of study area

### 3 沉积相展布

张建勇等<sup>[20]</sup>认为研究区属于开江—梁平海槽主体向南延伸的部分;胡忠贵等<sup>[14]</sup>在建南气田长兴组沉积相研究基础上,提出建南气田建30井—建13井—马鞍1井发育浅水陆棚,岩性以灰—深灰色泥晶灰岩为主,陆棚两侧发育台缘带礁滩组合,进一步提出该浅水陆棚将开江—梁平海槽(深水陆棚与城口鄂西两大海槽(深水陆棚)主体直接连通;Wang等<sup>[15]</sup>则认为建南地区长兴组沉积期存在海槽相,向东与城口鄂西海槽直接相连。笔者基于野外剖面观察、实测,结合研究区内钻井资料,认为龙岗83井—兴隆101井—云安012-1井—云安002-5井钻遇台缘生物礁的井,生物礁组合厚度可达60~90m,均位于开江—梁平海槽主体台缘带上,而大池干—寨沟湾—高峰场地区长兴组地层厚度较稳定(200~287m),且飞仙关组地层厚度正常(354~470m)(表2),未发现飞仙关组因填平补齐海槽(陆棚)而具有“增厚”的现象,其沉积相类型属于开阔台地相,岩性以泥晶灰岩为主,中上部发育少量薄层状生屑滩,生屑之间均为泥晶胶结物,具有滩体厚度小、横向尖灭快的特点,仅在峰003-2井和峰003-X3井长兴组三段钻遇台内礁,生物礁组合规模小于20m,以上特征均反映了典型的开阔台地低能浅滩沉积,因此大池干—寨

沟—高峰场区块不存在开江—梁平海槽的延续(图9)。而忠县—鱼池地区的窑厂剖面发育海槽相深水沉积,岩性为硅质页岩夹硅质结核灰岩,而该海槽南北两侧的三蹬坡、楠木垭和千野草场剖面均发育长兴组—飞仙关组高能浅水礁滩沉积(图10),结合建南气田长兴组沉积期沉积相展布特征<sup>[14]</sup>,认为该海槽与建南地区浅水陆棚之间相连,向东沟通城口—鄂西海槽主体(图11)。

表2 大池干—寨沟—高峰场区块长兴组—飞仙关组地层厚度统计

Table 2 Thickness statistics of Changxing and Feixianguan in Dachigan-Zhaigou-Gaofengchang area

井号	地层厚度/m	
	长兴组	飞仙关组
池56	250	364
池23	259	354
池18	263	382
池13	277	413
池7	270	398
峰18	311	370
峰003-5	202	424
寨沟1	281	421
寨沟2	243	409
寨沟3	281	418
寨沟4	224	365
复001-X1	287	470
峰13	200	432
峰003-6	230	463



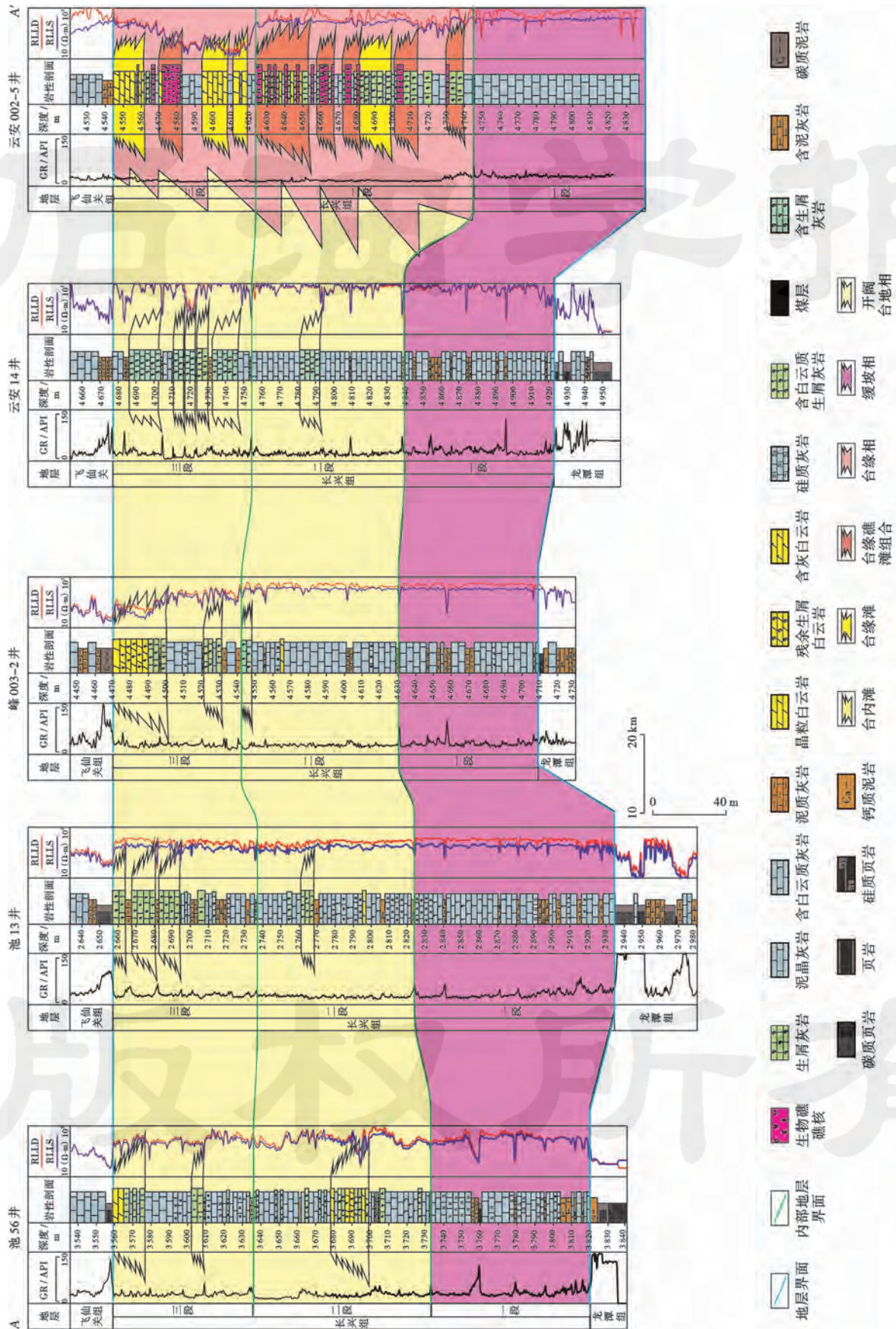
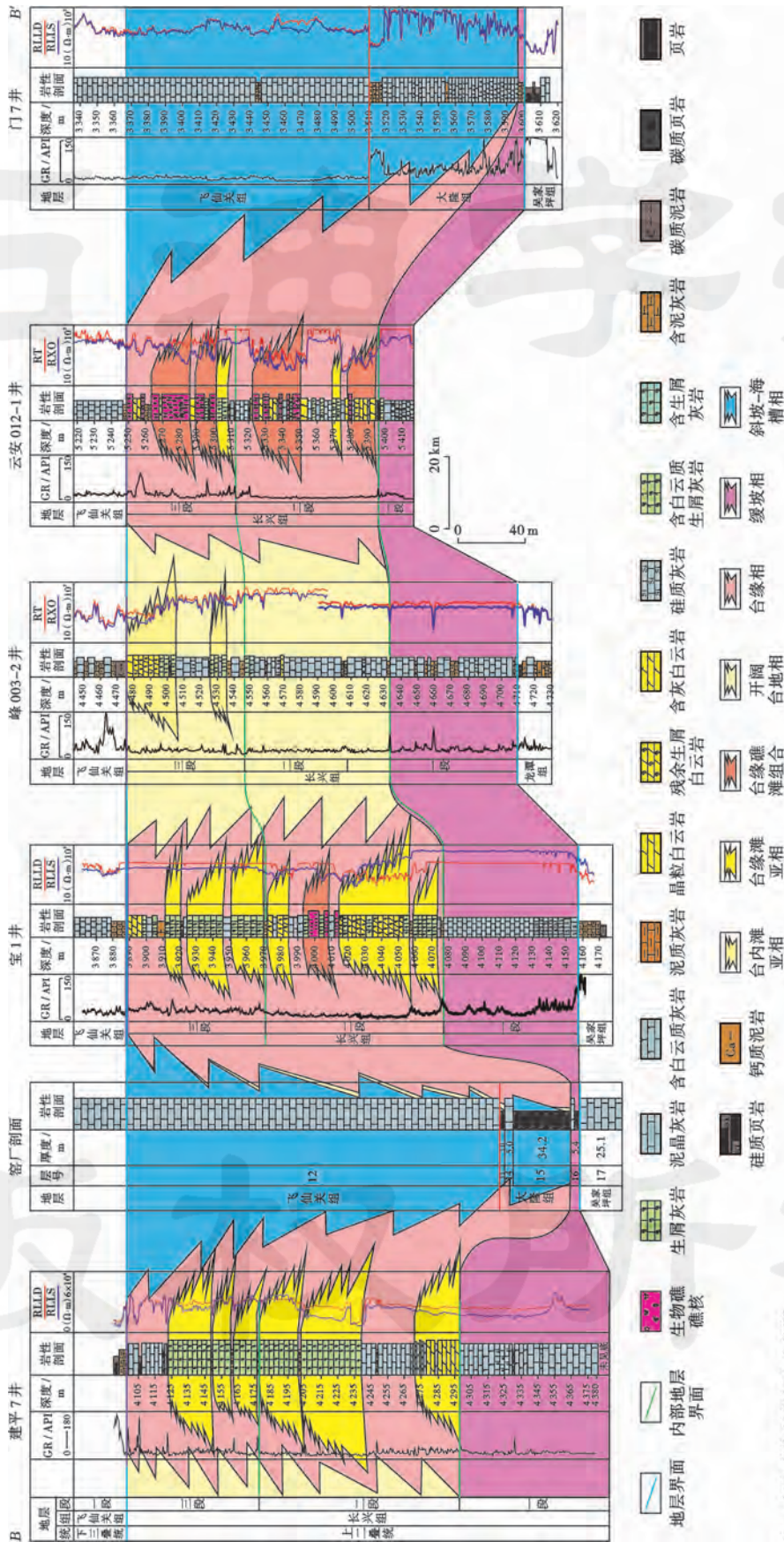


图 9 研究区长兴组连井沉积相对比 (剖面位置见图 1 AA')

Fig. 9 Paleodepositional cross section of the Changxing Formation in study area





注：建平7井资料数据胡忠贵等<sup>[10]</sup>。

图 10 研究区长兴组跨海槽连井沉积相对比 (剖面位置见图 1 BB')

Fig. 10 Paleodepositional cross section of the Changxing Formation in study area



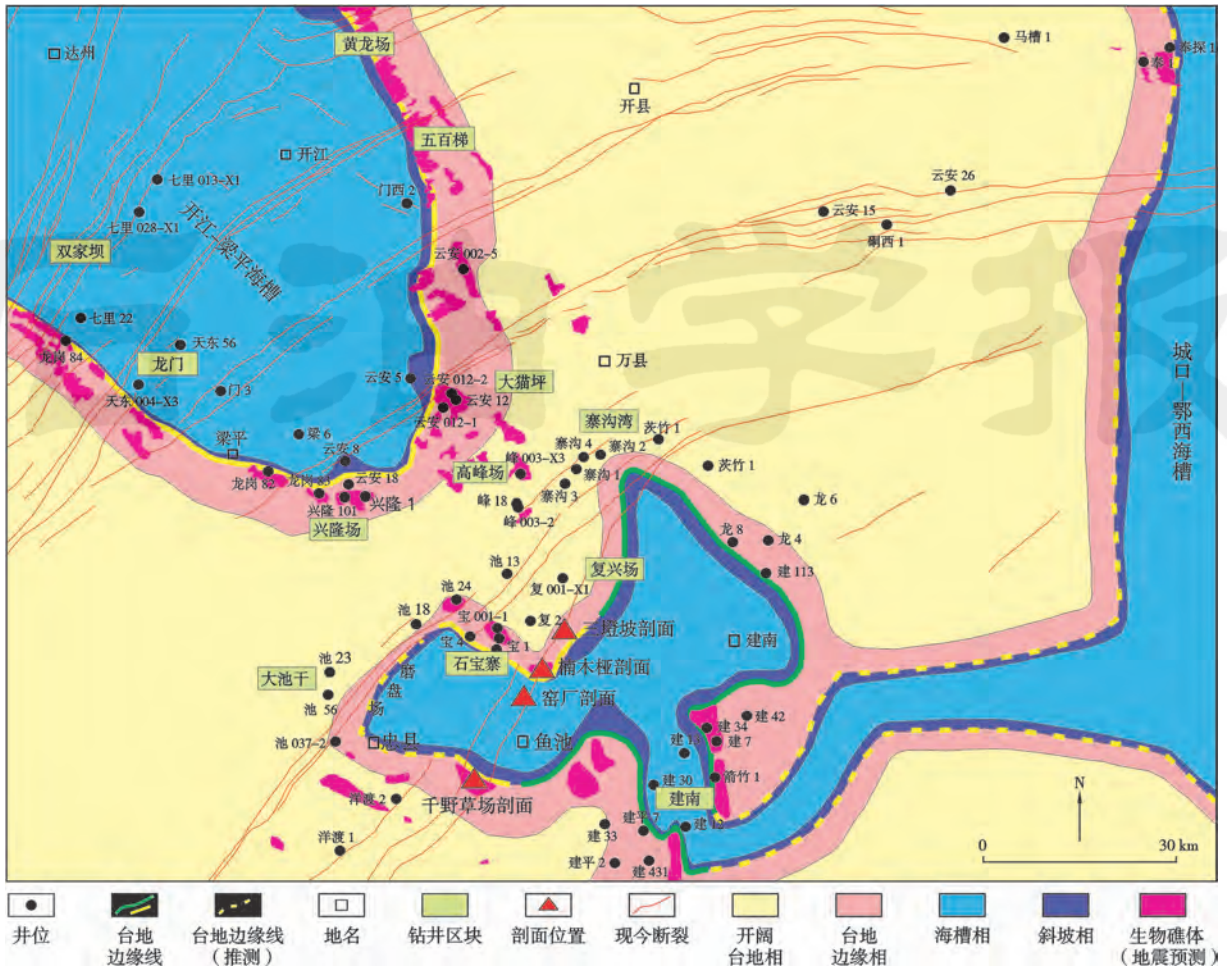


图 11 研究区长兴组沉积中晚期沉积相平面分布

Fig. 11 Sedimentary facies distribution of the study area during the middle to late Changxing Formation period

## 4 油气地质意义

初步明确了川东北地区二叠系—三叠系礁滩油气富集带,减少了勘探的盲目性。勘探开发实践结果表明,沿台地边缘是二叠系—三叠系礁滩大中型气藏勘探的最有利区,研究区海槽的发现以及台地边缘的确定极大地扩展了川东北—鄂西地区沿台地边缘礁滩的勘探前景。在以往认为石宝寨和高峰场、大池干地区二叠系—三叠系为台内沉积的基础上,进一步划分出了台缘相区和海槽相区,为深化研究区的勘探指明了方向。

目前,在邻区的建南气田和重庆气矿石宝寨构造、大池干构造、大猫坪构造钻遇多口长兴组高产气井,如石宝寨构造宝 001-1 井长兴组酸压后测试产气量为  $46.82 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,宝 1 井长兴组酸压后测试产气量为  $37.20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,大猫坪构造云安 012-1 井长兴组酸压后测试产气量为  $101.78 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,云安 012-2 井长兴组酸压后测试产气量为  $67.57 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,展现出

了研究区内长兴组巨大的勘探潜力,为开发和挖潜提供了有利依据。因此,应加强地震勘探工作以便进一步对研究区内台缘相带进行精细刻画,此外台地边缘的确定及台缘礁滩发育规模也为接下来的飞仙关组礁滩气藏勘探开发奠定了物质基础,目前大池干构造池 037-2 井飞仙关组礁滩气藏测试产气量为  $102.9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,表明研究区内飞仙关组礁滩气藏存在巨大勘探潜力。

## 5 结论

(1) 川东地区大池干—寨沟湾—高峰场区块长兴组地层厚度较稳定(200~287 m),且飞仙关组地层厚度正常(354~470 m),未发现飞仙关组因对海槽(陆棚)的填平补齐而呈地层增厚的现象,其沉积相类型属于开阔台地相,岩性以泥晶灰岩为主,中上部发育少量薄层状生屑滩,生屑之间均为泥晶胶结物,具有滩体厚度小、横向尖灭快的特点,仅在峰 003-2 井和峰 003-X3 井长兴组三段钻遇台内礁,生物礁组合规模小于 20 m,



反映了典型的开阔台地低能浅滩沉积,因此大池干—寨沟—高峰场区块不存在开江—梁平海槽的延续。

(2) 忠县—鱼池地区窑厂剖面发育海槽相深水沉积,岩性为硅质页岩夹硅质结核灰岩或泥质灰岩,而海槽南北两侧的三蹬坡、楠木垭和千野草场剖面均发育长兴组—飞仙关组高能浅水礁滩,结合前人对建南气田长兴组沉积期沉积相展布特征研究,认为该海槽与建南地区浅水陆棚直接相连,向东沟通城口—鄂西海槽主体。沿海槽(陆棚)两侧发育的台地边缘相礁滩为研究区二叠系—三叠系礁滩气藏勘探开发揭示了新的领域。

### 参 考 文 献

- [1] 李爱荣,李净红,张金功. 建南气田天然气地球化学特征及成因[J]. 石油学报,2015,36(10):1199-1209.  
LI Airong, LI Jinghong, ZHANG Jingong. Geochemical characteristics and genesis of natural gas in Jiannan gas field, the western mid-Yangtze area[J]. Acta Petrolei Sinica, 2015, 36(10): 1199-1209.
- [2] 罗冰,杨跃明,罗文军,等. 川中古隆起灯影组储层发育控制因素及展布[J]. 石油学报,2015,36(4):416-426.  
LUO Bing, YANG Yueming, LUO Wenjun, et al. Controlling factors and distribution of reservoir development in Dengying Formation of paleo-uplift in central Sichuan Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2015, 36(4): 416-426.
- [3] 冯明友,强子同,沈平,等. 四川盆地高石梯—磨溪地区震旦系灯影组热液白云岩证据[J]. 石油学报,2016,37(5):587-598.  
FENG Mingyou, QIANG Zitong, SHEN Ping, et al. Evidences for hydrothermal dolomite of Sinian Dengying Formation in Gaoshiti-Moxi area, Sichuan Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2016, 37(5): 587-598.
- [4] 李伟,刘静江,邓胜毅,等. 四川盆地及邻区震旦纪末—寒武纪早期构造运动性质与作用[J]. 石油学报,2015,36(5):546-556.  
LI Wei, LIU Jingjiang, DENG Shenghui, et al. The nature and role of Late Sinian-Early Cambrian tectonic movement in Sichuan Basin and its adjacent areas[J]. Acta Petrolei Sinica, 2015, 36(5): 546-556.
- [5] 张延充,杨爱国,梅燕,等. 泛开江—梁平海槽及勘探有利相带地震预测[J]. 天然气工业,2009,29(10):28-30.  
ZHANG Yanchong, YANG Aiguo, MEI Yan, et al. Kaijiang-Liangping Pan-trough and seismic prediction of favorable facies belt[J]. Natural Gas Industry, 2009, 29(10): 28-30.
- [6] 谭先锋,李洁,彭平,等. 开江—梁平海槽区带南段飞仙关组储层特征及控制因素[J]. 新疆地质,2013,31(1):52-56.  
TAN Xianfeng, LI Jie, PENG Ping, et al. Characteristics and major controlling factors of Feixianguan Formation in the south of the Kaijiang-Liangping ocean trough[J]. Xinjiang Geology, 2013, 31(1): 52-56.
- [7] 梁西文,郑荣才,张涛,等. 建南构造晚二叠世长兴组礁和滩的高精度层序地层与储层评价[J]. 成都理工大学学报:自然科学版,2006,33(4):407-413.  
LIANG Xiwen, ZHENG Rongcai, ZHANG Tao, et al. Accurate sequence stratigraphy and reservoir assessment of point reefs and shoals in the Late Permian Changxing Formation of the Jiannan structure, Lichuan, Hubei, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition, 2006, 33(4): 407-413.
- [8] 章宇路,文华国,郑荣才,等. 川东北铁山—双家坝地区长兴组白云岩成因[J]. 岩性油气藏,2016,28(5):34-43.  
ZHANG Yulu, WEN Huaguo, ZHENG Rongcai, et al. Genesis of dolomite of Changxing Formation in Tieshan-Shuangjiaba area, northeast Sichuan Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2016, 28(5): 34-43.
- [9] 张建勇,周进高,郝毅,等. 四川盆地环开江—梁平海槽长兴组—飞仙关组沉积模式[J]. 海相油气地质,2011,16(3):45-54.  
ZHANG Jianyong, ZHOU Jin'gao, HAO Yi, et al. A sedimentary model of Changxing and Feixianguan reservoirs around Kaijiang-Liangping trough in Sichuan Basin[J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2011, 16(3): 45-54.
- [10] 郑有恒,刘漪,徐鸿娟,等. 鄂西渝东地区晚二叠世长兴组沉积相及礁、滩分布规律[J]. 石油天然气学报:江汉石油学院学报,2010,32(5):31-35.  
ZHENG Youheng, LIU Yi, XU Hongjuan, et al. The rules of sedimentary facies, reef, and bank distribution of western Hubei-eastern Chongqing area of Changxing Formation at the Late Permian Stage[J]. Journal of Oil and Gas Technology: Journal of Jianghan Petroleum Institute, 2010, 32(5): 31-35.
- [11] 秦军,陈玉明,伍宁南. 建南地区生物礁滩储层预测的几点认识[J]. 天然气勘探与开发,2010,33(3):12-15.  
QIN Jun, CHEN Yuming, WU Ningnan. Some understanding to predict bioreef shoal reservoir in Jiannan area[J]. Natural Gas Exploration and Development, 2010, 33(3): 12-15.
- [12] 秦军,陈玉明,刘文辉. 四川盆地建南地区二叠系长兴组生物礁滩储集层预测[J]. 古地理学报,2011,13(4):426-433.  
QIN Jun, CHEN Yuming, LIU Wenhui. Prediction of reef and bank reservoir of the Permian Changxing Formation in Jiannan area, Sichuan Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2011, 13(4): 426-433.
- [13] 王丹,胡明毅,胡忠贵,等. 建南地区长兴组礁滩储层特征及主控因素分析[J]. 岩石矿物学杂志,2013,32(4):538-548.  
WANG Dan, HU Mingyi, HU Zhonggui, et al. Reef-bank reservoir characteristics and main control factors of the Changxing Formation in Jiannan area[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2013, 32(4): 538-548.
- [14] 胡忠贵,胡明毅,廖军,等. 鄂西建南地区长兴组沉积相及生物礁沉积演化模式[J]. 天然气地球科学,2014,25(7):980-990.  
HU Zhonggui, HU Mingyi, LIAO Jun, et al. Sedimentary facies and evolution model of reef deposition in Jiannan area of western Hubei[J]. Natural Gas Geoscience, 2014, 25(7): 980-990.
- [15] 王光伟,李萍萍,郝芳,等. 三叠系下统飞仙关组长兴组白云岩成因[J]. 石油学报,2016,37(5):587-598.  
WANG Guangwei, LI Pingping, HAO Fang, et al. Origin of dolomite in the third Member of Feixianguan Formation (Lower Tri-



- assic) in the Jiannan area, Sichuan Basin, China[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2015, 63: 127-141.
- [16] 邢凤存, 陆永潮, 郭彤楼, 等. 碳酸盐岩台地边缘沉积结构差异及其油气勘探意义——以川东北早三叠世飞仙关期台地边缘带为例[J]. *岩石学报*, 2017, 33(4): 1305-1316.  
XING Fengcun, LU Yongchao, GUO Tonglou, et al. sedimentary texture diversity of different carbonate platform margins and its significance for petroleum exploration; a case study of carbonate platform margins in Feixianguan period of the Early Triassic, NE Sichuan Basin, China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2017, 33(4): 1305-1316.
- [17] 王兴志, 张帆, 马青, 等. 四川盆地东部晚二叠世—早三叠世飞仙关期礁、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.
- [18] 王一刚, 文应初, 洪海涛, 等. 四川盆地北部晚二叠世—早三叠世碳酸盐岩斜坡相带沉积特征[J]. *古地理学报*, 2009, 11(2): 143-156.  
WANG Yigang, WEN Yingchu, HONG Haitao, et al. Carbonate slope facies sedimentary characteristics of the Late Permian to Early Triassic in northern Sichuan Basin[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2009, 11(2): 143-156.
- [19] 卓皆文, 王剑, 汪正江, 等. 鄂西地区晚二叠世沉积特征与台内裂陷槽的演化[J]. *新疆石油地质*, 2009, 30(3): 300-303.  
ZHUO Jiewen, WANG Jian, WANG Zhengjiang, et al. Sedimentary characteristics of late Permian in western Hubei province and evolution of inter-platform rift[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2009, 30(3): 300-303.
- [20] 张建勇, 周进高, 潘立银, 等. 川东北地区孤立台地飞仙关组优质储层形成主控因素——大气淡水淋滤及渗透回流白云石化[J]. *天然气地球科学*, 2013, 24(1): 9-18.  
ZHANG Jianyong, ZHOU Jingao, PAN Liyin, et al. The main origins of high quality reservoir in Feixianguan Formation in northeast Sichuan Basin; atmospheric water eluviation and seepage-reflux dolomitization[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2013, 24(1): 9-18.
- [21] 王一刚, 张静, 刘兴刚, 等. 四川盆地东北部下三叠统飞仙关组碳酸盐蒸发台地沉积相[J]. *古地理学报*, 2005, 7(3): 357-371.  
WANG Yigang, ZHANG Jing, LIU Xinggang, et al. Sedimentary facies of evaporative carbonate platform of the Feixianguan Formation of Lower Triassic in northeastern Sichuan Basin[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2005, 7(3): 357-371.
- [22] 王一刚, 文应初, 洪海涛, 等. 四川盆地及邻区上二叠统—下三叠统海槽的深水沉积特征[J]. *石油与天然气地质*, 2006, 27(5): 702-714.  
WANG Yigang, WEN Yingchu, HONG Haitao, et al. Petroleum geological characteristics of deep water deposits in Upper Permian-Lower Triassic trough in Sichuan Basin and adjacent areas [J]. *Oil & Gas Geology*, 2006, 27(5): 702-714.
- [23] 王一刚, 洪海涛, 夏茂龙, 等. 四川盆地二叠、三叠系环海槽礁、滩富气带勘探[J]. *天然气工业*, 2008, 28(1): 22-27.  
WANG Yigang, HONG Haitao, XIA Maolong, et al. Exploration of reef-bank gas reservoirs surrounding Permian and Triassic troughs in Sichuan Basin[J]. *Natural Gas Industry*, 2008, 28(1): 22-27.
- [24] 徐安娜, 汪泽成, 江兴福, 等. 四川盆地开江—梁平海槽两侧台地边缘形态及其对储层发育的影响[J]. *天然气工业*, 2014, 34(4): 37-43.  
XU Anna, WANG Zecheng, JIANG Xingfu, et al. Morphological characteristics of platform margins along the Kaijiang-Liangping trough and their influences on reservoir development in the Sichuan Basin[J]. *Natural Gas Industry*, 2014, 34(4): 37-43.
- [25] 夏茂龙, 文龙, 王一刚, 等. 四川盆地上二叠统海槽相大隆组优质烃源岩[J]. *石油勘探与开发*, 2010, 37(6): 654-662.  
XIA Maolong, WEN Long, WANG Yigang, et al. High-quality source rocks in trough facies of Upper Permian Dalong Formation of Sichuan Basin[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2010, 37(6): 654-662.
- [26] 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 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): 254-260.
- [27] 吴亚生, 姜红霞, 刘丽静, 等. 四川宣汉盘龙洞上二叠统长兴组沉积相与岩石地层精细划分[J]. *地质学报*, 2015, 89(2): 412-424.  
WU Yasheng, JIANG Hongxia, LIU Lijing, et al. Revised sedimentary facies and lithostratigraphy of the upper Permian Changxing Formation at Panlongdong, Xuanhan, Sichuan province[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2015, 89(2): 412-424.
- [28] SUMNER D Y, GROTZINGER J P. Numerical modeling of ooid size and the problem of Neoproterozoic giant ooids[J]. *Journal of Sedimentary Research*, 1993, 63(5): 974-982.
- [29] 梅冥相. 显生宙罕见的巨鲕及其鲕粒形态多样性的意义: 以湖北利川下三叠统大冶组为例[J]. *现代地质*, 2008, 22(5): 683-698.  
MEI Mingxiang. Implication for the unusual giant oolites of the Phanerozoic and their morphological diversity; a case study from the Triassic Daye Formation at the Lichuan section in Hubei province, South China[J]. *Geoscience*, 2008, 22(5): 683-698.

(收稿日期 2017-04-01 改回日期 2017-08-28 编辑 王培玺)