

文章编号: 1009-3850(2014)02-0001-08

## 开江-梁平陆棚东南延伸部分——建南陆棚的发现

舒志国

(中石化江汉油田分公司勘探开发研究院, 湖北 武汉 430223)

**摘要:** 自王一刚发现开江-梁平陆棚后, 作者对其东南延伸部位进行了追踪。通过地表露头剖面及钻井、地震资料等研究后认为, 长兴期开江-梁平陆棚自宣汉达县、梁平及开江地区向东南延伸至建南地区, 称之为建南陆棚, 该陆棚可能与东部的鄂西陆棚相连。建南陆棚与开江-梁平陆棚既有相似性也有重大差别。相似性表现在两方面, 一是沉积物岩性相似, 都为泥晶灰岩; 二是陆棚边缘都发育生物礁, 生物礁顶部发育生屑滩白云岩储层。差别主要体现在四个方面: 一是水体深度, 建南陆棚水浅, 开江-梁平陆棚水深, 深水与浅水的交汇处在涪陵地区中石化二维地震剖面线TB16与TB17之间; 二是斜坡坡度, 开江-梁平陆棚边缘斜坡坡度陡, 建南陆棚斜坡坡度缓; 三是生物礁规模, 开江-梁平陆棚边缘生物礁、白云岩储层厚度大, 建南陆棚边缘生物礁、白云岩储层厚度小; 四是陆棚发育时间, 建南陆棚仅发育于长兴早中期, 晚期因填平补齐而消失, 开江-梁平陆棚发育于整个长兴期。建南陆棚与周边构成碳酸盐缓坡沉积模式, 生物礁规模较小, 生物礁是优质储发育的主要地区。

**关键词:** 长兴期; 建南浅水陆棚; 开江-梁平陆棚; 生物礁; 沉积模式

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

自1997年王一刚发现开江-梁平海槽后<sup>[1-3]</sup>, 中石油、中石化等相关部门陆续在陆棚边缘发现长兴组台地边缘生物礁, 在普光、龙岗及元坝地区台地边缘生物礁取得了重大天然气突破<sup>[4-5]</sup>。经中石化勘探南方分公司、成都地质矿产研究所及中石油等相关部门多年的勘探、研究发现<sup>[6-10]</sup>, 开江-梁平陆棚自宣汉、达县向北西延伸至广元、旺苍等地, 东部台地边缘生物礁分布于通江铁厂河-黑池梁-毛坝-普光-渡口河等地区, 西部台地边缘生物礁分布于元坝-龙岗-涪陵等地区。虽然有关开江-梁平陆棚西北延伸情况研究比较深入<sup>[11]</sup>, 其向东南延伸情况很少有人提及。最近, 随着中石化江汉油田分公司在建南地区油气勘探的深入, 建南及周边地区逐渐发现了两排呈北西南东展布的生物礁, 每排生物礁可以与开江-梁平陆棚两侧生物礁对接, 地震剖面也显示生物礁之间洼地的存在。由此表明, 开江-梁平陆棚向东南延伸到了建南地区, 称之为建南陆

棚, 其可能与东部的鄂西陆棚连通, 并将东部的碳酸盐台地分割成一个孤立的台地。

尽管开江-梁平陆棚延伸到了建南地区, 然而建南陆棚与开江-梁平陆棚无论在宽度、水体深度及台地边缘生物礁特征等方面都存在着较大区别。开江-梁平陆棚平面分布范围较宽, 水体深, 台地边缘斜坡较陡, 台缘生物礁规模较大, 陆棚存在于整个长兴期; 建南陆棚分布范围狭窄, 呈北西-南东向狭长带状展布, 水体很浅, 台地边缘斜坡坡度很缓, 台缘生物礁规模较小, 陆棚仅发育于长兴早中期, 晚期因填平补齐作用而消失。

迄今为止, 在建南陆棚两侧尤其南侧广泛发现了生物礁, 包括兴隆1井、兴隆101井、宝1井、建7井、建16井及箭竹1井等, 已经在兴隆1井、兴隆101井取得了很好的天然气突破, 在建7井、建16井及箭竹1井取得了一定的油气突破, 今后有望在该地区取得更大的油气突破。

收稿日期: 2014-02-06; 改回日期: 2014-04-08

作者简介: 舒志国(1966-), 男, 高级工程师, 主要从事油气勘探开发研究工作

### 1 鄂西渝东地区长兴组沉积相展布

以露头剖面沉积相资料为基础,结合覆盖区钻井、地震资料,编制长兴早中期、晚期沉积相平面分布图,开展了长兴组沉积相研究。

#### 1.1 长兴早中期沉积相展布

长兴早中期,鄂西渝东地区发育一个北西-南东走向的狭长陆棚,从西北部的开江、梁平地区向南东延伸至建南地区,与东部鄂西陆棚相连(图1)。

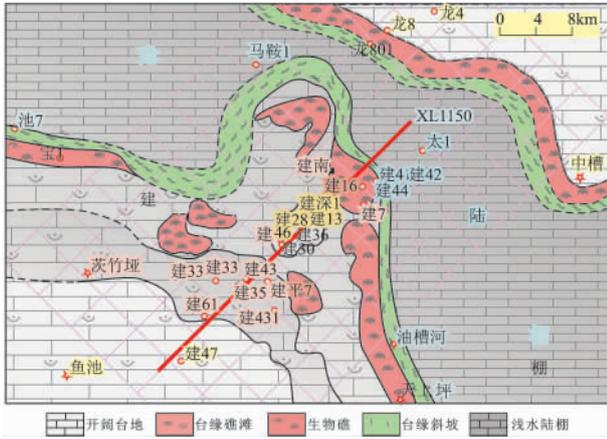


图1 鄂西渝东地区长兴中期沉积相展布

Fig.1 Sedimentary facies distribution in the western Hubei-eastern Chongqing zone during the middle Changxingian

碳酸盐台地被该陆棚分割为两块,南部台地分布于梁平-建38井-黄泥塘-花椒坪-黄金洞-梅坪一线西南,北部台地分布于云1井-龙8井-中槽-齐2井一线以北地区。沉积物岩性为浅灰、灰色薄中层

状泥晶灰岩、含生屑泥晶灰岩。

陆棚区内部可以划分为3个部分,西北部称开江-梁平陆棚,为水体较深的深水陆棚,沉积物称长兴组,厚100m左右,以沉积深灰色泥晶灰岩为主;中部称建南陆棚,为水体很浅的浅水陆棚,沉积物称长兴组,厚200m左右,以沉积泥晶灰岩、含生屑泥晶灰岩为主;东部称鄂西陆棚,为水体很深的深水陆棚,沉积物称大隆组,厚普遍小于50m,以沉积灰黑色硅质岩、页岩夹泥晶灰岩为主。

以上3个陆棚对比,鄂西陆棚水体最深,开江-梁平陆棚次深,建南陆棚水体最浅。迄今为止,建南陆棚与东部鄂西陆棚之间的过渡关系还不得而知,地震剖面与钻井资料揭示,开江-梁平深水陆棚与建南浅水陆棚的分界线位于涪陵地区二维地震剖面TB16线与TB17之间(图2)。TB16线地震剖面显示,开江-梁平陆棚区地形与生物礁高差大,斜坡坡度陡,生物礁规模大,显示陆棚水体深。TB17线地震剖面显示,建南陆棚区地形与生物礁高差小,斜坡坡度缓,生物礁规模小,显示陆棚水体浅。台地边缘生物礁规模与陆棚水深和台缘斜坡坡度成正比关系,即水体越深、斜坡坡度越陡,生物礁规模越大,反之亦然。以上也得到钻井证实,兴隆1井及兴隆101井位于开江-梁平陆棚南部边缘,生物礁规模大,储层厚度大,物性很好,表明陆棚水体深,斜坡陡;福石1井及兴隆3井(侧井)位于建南陆棚边缘,生物礁规模小,储层厚度小,物性较差,表明陆棚水体浅,斜坡缓。

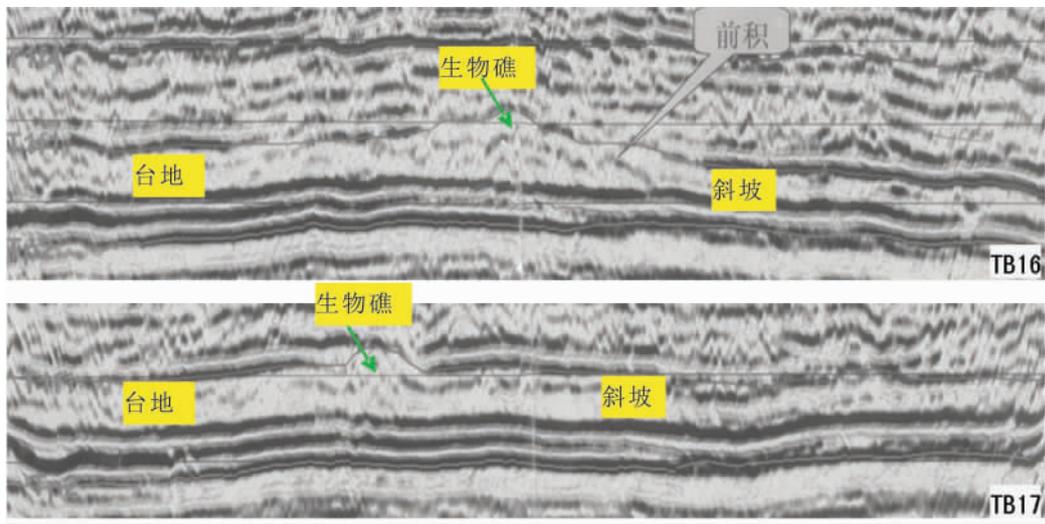


图2 涪陵TB16线与TB17线地震剖面长兴组生物礁特征对比(剖面位置见1)

Fig.2 Correlation of the Changxingian organic bioherms in the TB16 and TB17 seismic profiles in Fuling, Chongqing

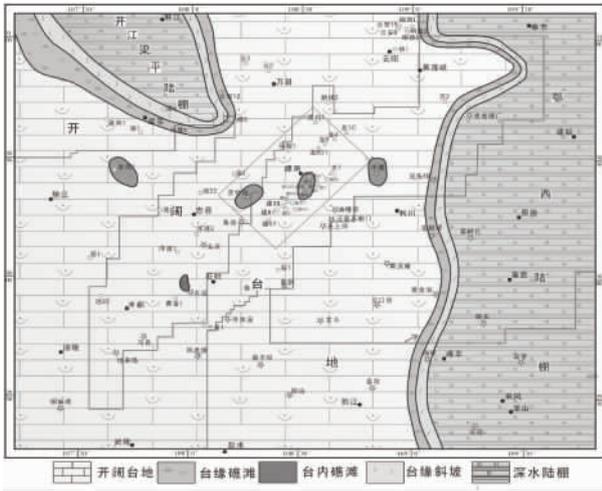


图3 鄂西渝东地区长兴晚期沉积相展布

Fig. 3 Sedimentary facies distribution in the western Hubei-eastern Chongqing zone during the late Changxingian

台缘礁滩相带分布于台地与陆棚过渡区,由断续分布的生物礁及生屑滩构成,相带宽一般数千千米。生物礁岩性主要为海绵礁灰岩及海绵礁白云岩,生屑滩岩性为浅灰、灰白色厚块状亮晶生屑灰岩及残余生屑结晶白云岩。开江-梁平陆棚两侧生物礁主要分布于东部普光、云安 12 井及西部龙岗、涪陵等地区,生物礁厚度 70~100m,中石化勘探南方分公司已经在普光地区取得重大天然气突破,中石油已经在龙岗地区取得较好天然气突破,中石化江汉油田分公司已经在兴隆 1 井、兴隆 101 井获得

高产气田。建南陆棚西南侧生物礁发现较多,分布于福石 1 井、宝 1 井、建 7 井、箭竹 1 井及天上坪等地区,但西北侧生物礁还没有发现。鄂西陆棚西侧生物礁出露广泛,分布于宣汉盘龙洞<sup>[12-14]</sup>、利川见天坝、咸丰花椒坪等地区,呈南北向狭长带状展布。

### 1.2 长兴晚期沉积相展布

长兴晚期鄂西渝东地区古地理格局与长兴早中期发生了较大变化,建南浅水陆棚因填平补齐而消失,早期的南、北两个碳酸盐台地连成一体,开阔台地范围增大,西北部开江-梁平陆棚与东部鄂西陆棚仍然存在(图 3)。

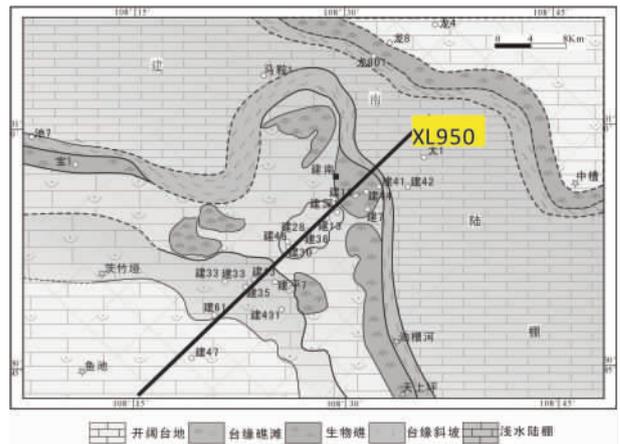


图4 建南三维区块长兴早中期沉积相展布

Fig. 4 Sedimentary profile distribution in the Jiannan 3D block during the early-middle Changxingian

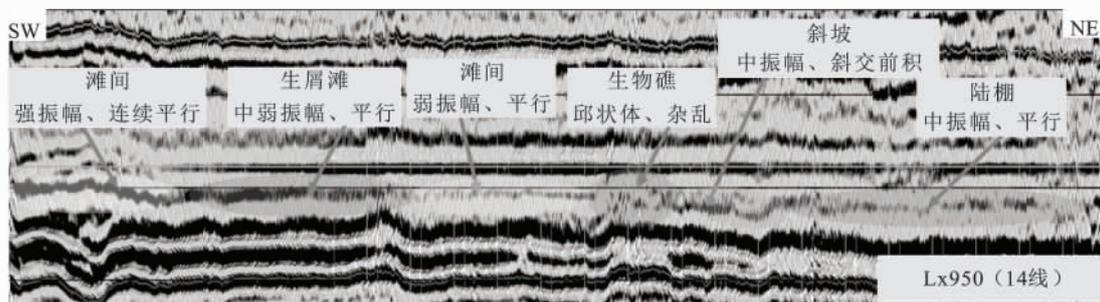


图5 建南三维区块 XL950 线地震相特征(剖面位置见图 4)

Fig. 5 Seismic facies along the XL 950 line in the Jiannan 3D block

## 2 建南陆棚沉积特征

### 2.1 建南地区长兴早中期沉积相展布

通过地震剖面结合钻井及露头资料,编制了建南三维区块及邻区长兴早中期沉积相平面图(图 4)。长兴早中期建南地区为东西两边高、中部低的地貌格局,东西两边为碳酸盐台地,中部地区为建南陆棚。建南陆棚为北西-南东展布的浅水陆棚,陆

棚中部范围狭窄,水体很浅,向北西、南东方向逐渐加宽,水体逐渐变深,地震剖面上陆棚沉积物具中振幅、平行、连续地震反射特征(图 5)。陆棚北东、南西两侧为开阔台地,地震剖面上台地沉积物具强振幅、连续、平行地震反射特征。陆棚两侧发育台地边缘礁滩相带,地震剖面上生物礁具丘状体、杂乱反射特征。南侧礁滩分布区钻井多,地震资料品质较好,礁滩分布范围翔实可靠,边部为生物礁,生

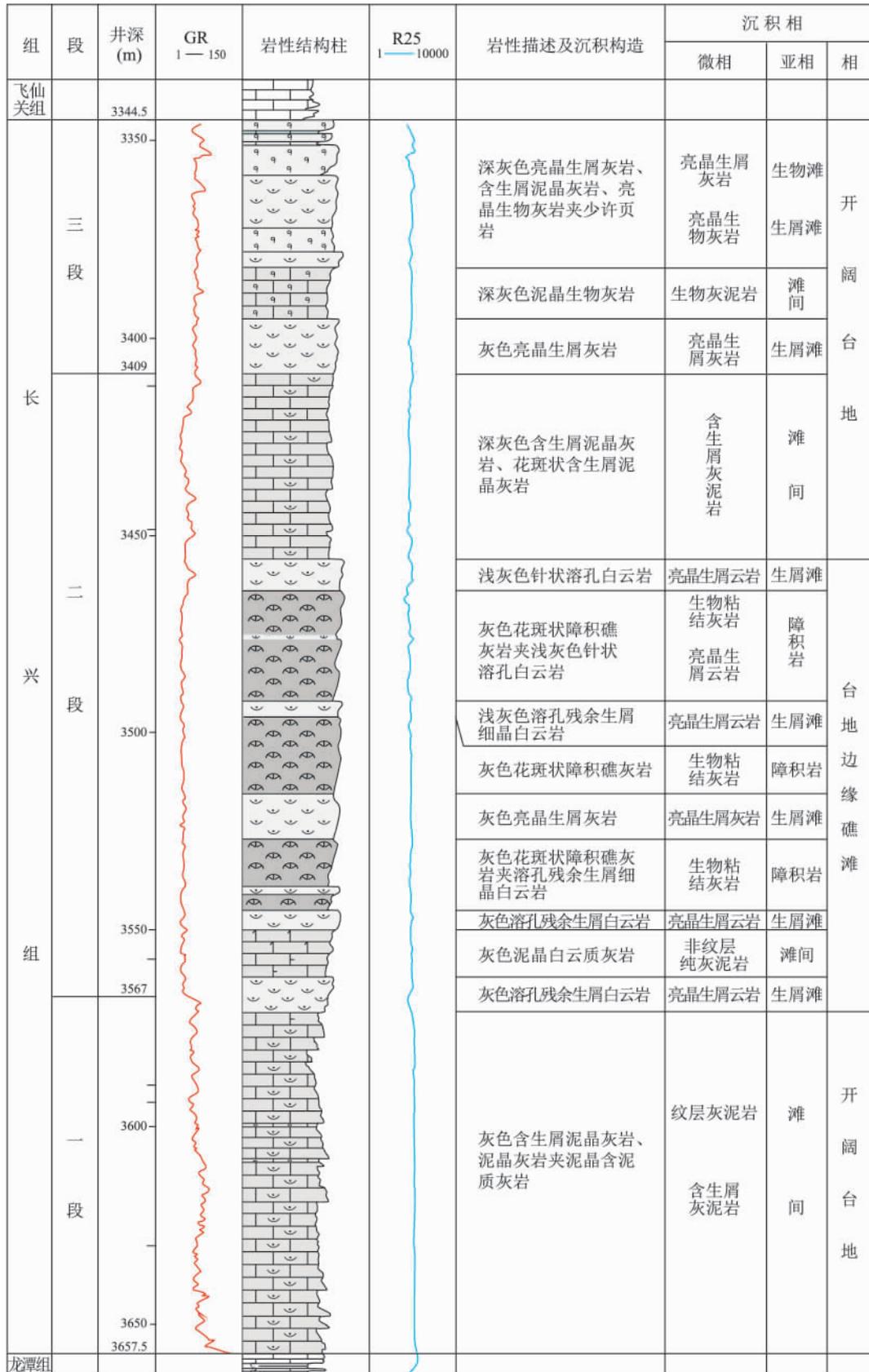


图6 建7井长兴组沉积相柱状图

Fig. 6 Sedimentary facies column of the Changxing Formation through the Jian-7 well

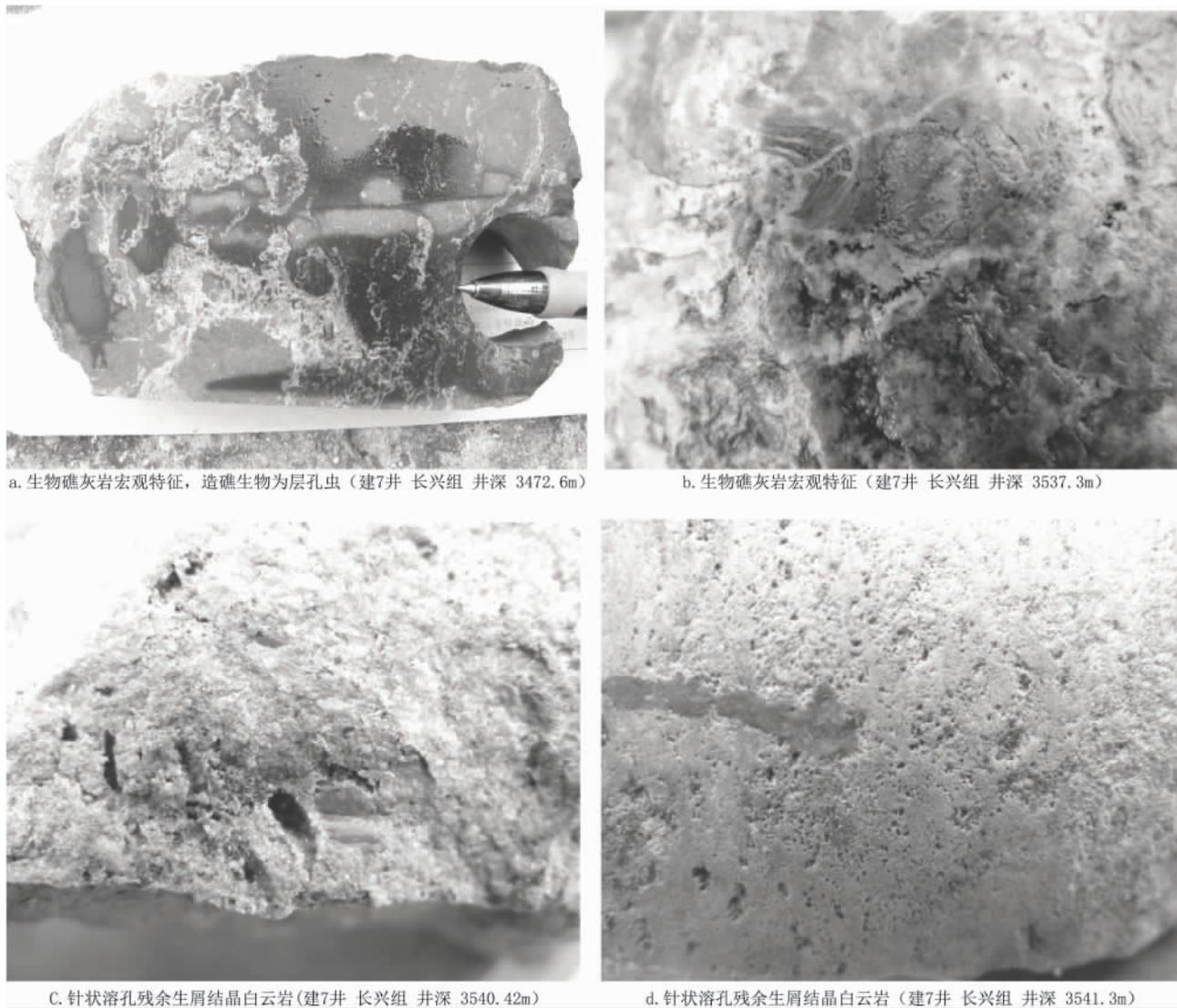


图7 建7井长兴组生物礁特征

Fig. 7 Characteristics of the bioherms from the Changxing Formation through the Jian-7 well

物礁后部为浅滩; 北侧礁滩分布区钻井少, 地震资料品质差, 礁滩分布范围多为推测。迄今为止, 建南陆棚南侧已经揭示生物礁的钻井有宝1井、建16井、建7井及箭竹1井等, 露头区的生物礁发现于天上坪地区, 生物礁顶部都发育白云岩储层, 但储层厚度较小, 储层物性一般。台缘礁滩与陆棚之间发育斜坡, 地震剖面上斜坡沉积物具中振幅、斜交前积地震反射特征。

## 2.2 建7井长兴组生物礁特征

建7井为建南陆棚南侧台地边缘生物礁相带上的一口钻井(图6), 位于建南区块北高点, 长兴组可以划分为三段。长一段为开阔台地相滩间亚相沉积, 岩性为灰色含生屑泥晶灰岩、泥晶灰岩夹泥晶含泥质灰岩, 储层不发育。长二段下部为台地边缘礁滩相沉积, 岩性为浅灰色花斑状障积生物礁灰岩

与针状溶孔生屑白云岩互层, 发育5个成礁旋回, 每个旋回由礁核生物礁灰岩(图7a、b)和礁盖生屑白云岩(图7c、d)组成, 储层主要由礁盖白云岩组成, 储集性一般; 长二段上部为开阔台地相滩间亚相沉积, 岩性为深灰色泥晶生屑含泥质灰岩和花斑状泥晶生屑灰岩, 储层不发育。长三段为开阔台地相滩间及生屑滩等亚相沉积, 岩性为深灰色泥晶生屑灰岩、泥晶生物灰岩和含生屑泥晶灰岩, 储层不发育。

## 2.3 建南陆棚边缘长兴组沉积模式

以北西-南东向地震剖面建立了建南地区长兴组沉积模式(图8), 如图8所示, 长兴组为碳酸盐缓坡沉积模式, 自南西北向东依次发育开阔台地、台地边缘浅滩、台地边缘生物礁、台地边缘斜坡及陆棚等沉积相单元。开阔台地位于西南地区, 地势比较平坦, 以沉积泥晶生屑灰岩、生屑泥晶灰岩及泥

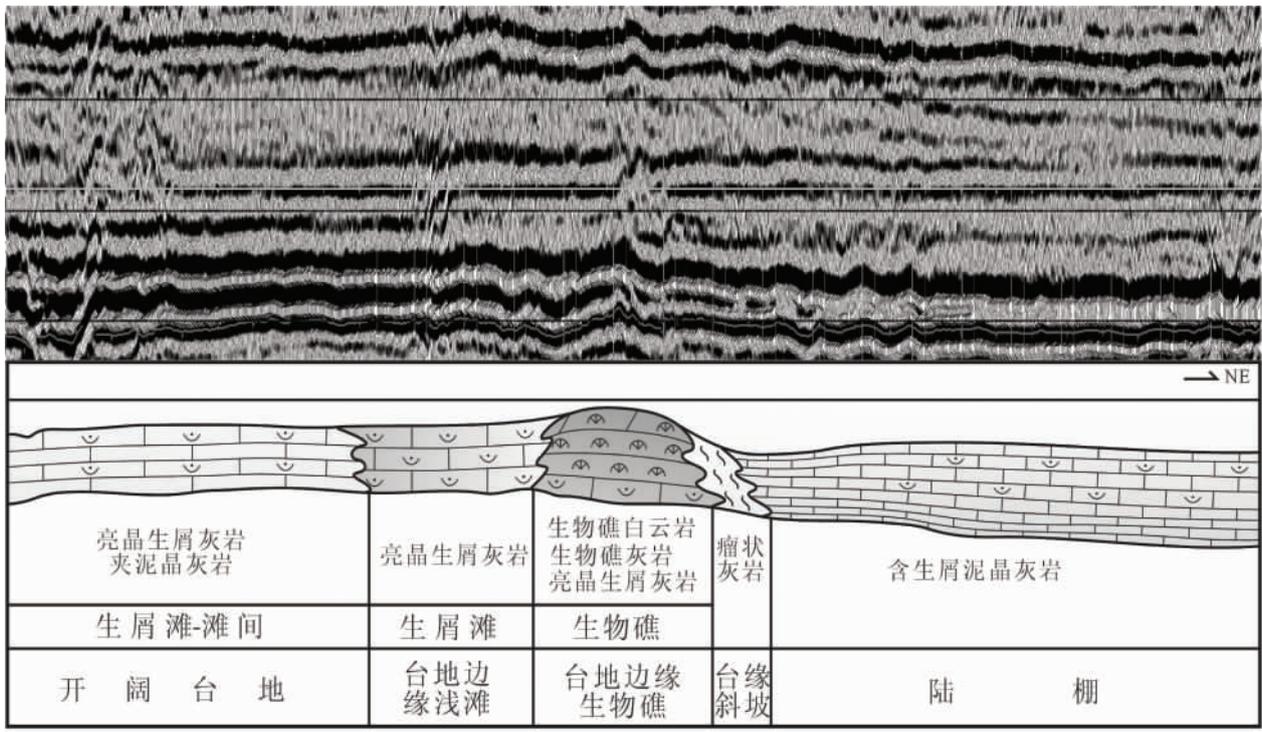


图8 建南区块长兴组缓坡沉积模式

Fig. 8 Carbonate ramp model for the Changxing Formation in the Jiannan block

晶灰岩为主,具弱振幅、低频、亚平行及较连续影像特征。开阔台地东侧为台地边缘浅滩,形态为略向上突起的丘状体,沉积物岩性为亮晶生屑灰岩,具弱振幅-空白反射特征,显示沉积物岩性单一、储层物性差的特点。台地边缘发育生物礁,岩性为海绵障积礁灰岩及亮晶生屑白云岩,具丘状、强振幅及杂乱反射特征,生物礁规模较小。礁滩东侧为台缘

斜坡,斜坡坡度很小,沉积物岩性为泥晶灰岩、泥质灰岩夹瘤状灰岩,具强振幅及斜交前积的影像特征。建南陆棚位于东部地区,岩性为泥晶灰岩与含生屑泥晶灰岩互层,具弱振幅、低频、连续及平行的地震反射特征,因陆棚区基底下沉幅度大,水体很浅,沉积物堆积速度快,长兴晚期全部填平补齐,陆棚区沉积物厚度大于西南台地区。

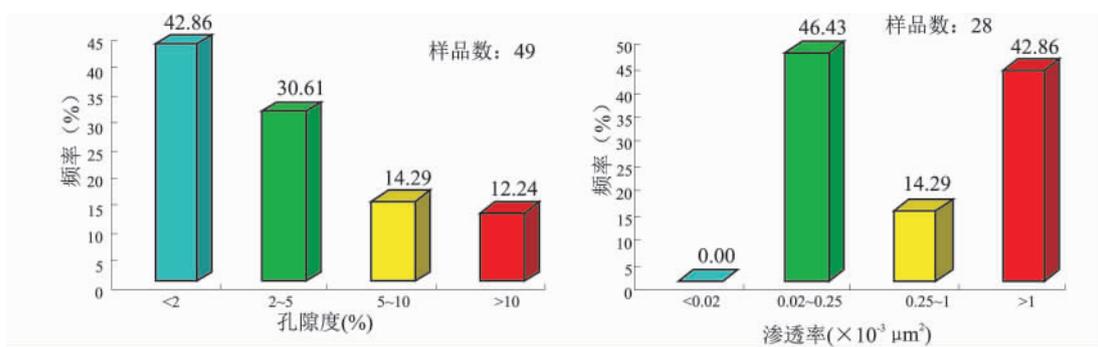


图9 鄂西渝东地区长兴组礁滩白云岩储层孔隙度(左)及渗透率(右)直方图

Fig. 9 Histograms of the porosity (left) and permeability (right) of the bioherm dolostone reservoirs in the Changxing Formation in the western Hubei-eastern Chongqing zone

### 3 建南陆棚边缘长兴组礁滩储层特征

迄今为止,在建南浅水陆棚边缘的建南三维区块内发现长兴组台地边缘生物礁的钻井有建7井、

建28井及箭竹1井等,储层岩性以生物礁白云岩、浅滩相白云岩为主。通过孔、渗、密度等分析测试,总结了长兴组礁滩白云岩储层物性特征。

#### 3.1 孔隙度及渗透率特征

长兴组礁滩白云岩储层孔隙度的最大值为 14.60% ,最小值为 0.88% ,平均值为 4.17% 。孔隙度小于 2% 的比例占 42.86% ,大于 2% 的比例占 57.14% ,其中 2~5% 的比例占 30.61% ,5~10% 的比例占 14.29% ,大于 10% 的比例为 12.24% (图 9) 。渗透率最大值为  $312 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  ,最小值为  $0.06 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  ,平均值为  $36.52 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  。渗透率小于  $0.02 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  的比例为 0% , $0.02 \sim 0.25 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  的比例为 46.43% , $0.25 \sim 1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  的比例为 14.29% ,大于  $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  的比例为 42.86% 。

### 3.2 孔渗相关性

长兴组礁滩白云岩储层孔渗关系图显示(图 10) ,孔隙度与渗透率之间具有很好的正相关性 ,即随着孔隙度的增加渗透率随之增大 ,储集空间以溶孔为主。孔渗关系表明 ,长兴组礁滩白云岩储层以孔隙(溶孔)型为主。

### 3.3 密度与孔渗相关性

长兴组礁滩白云岩储层密度与孔隙度、密度与渗透率关系图显示(图 11) ,密度与孔隙度具很好的负相关性 ,即随着密度的增加孔隙度随之减少;密度与渗透率具较好的负相关性 ,即随着密度的增加渗透率随之减少。密度与孔渗相关性表明 ,长兴组礁滩白云岩储层以孔隙型为主 ,裂缝-孔隙复合型

次之。

据以上孔、渗、密度特征及相关性分析认为 ,建南三维区块长兴组礁滩白云岩储层孔隙度平均值为 4.17% ,以 >2% 为主 ,比例为 57.14% ;渗透率平均值为  $36.52 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  ,以  $0.25 \sim 1.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  及大于  $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  为主 ,比例分别为 46.43% 及 42.86% 。孔渗关系及密度与孔渗关系表明 ,礁滩白云岩储层类型以孔隙型为主。

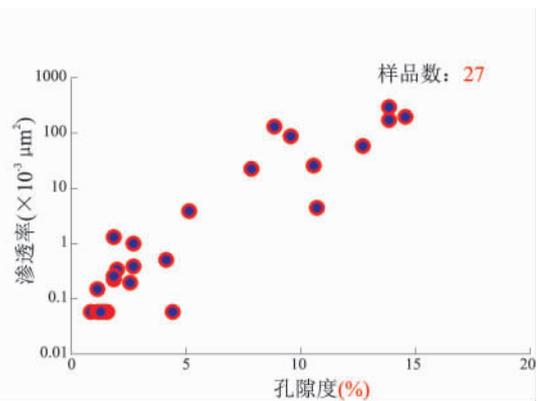


图 10 鄂西渝东地区长兴组礁滩白云岩储层孔-渗关系  
Fig.10 Porosity vs. permeability of the bioherm dolostone reservoirs in the Changxing Formation in the western Hubei-eastern Chongqing zone

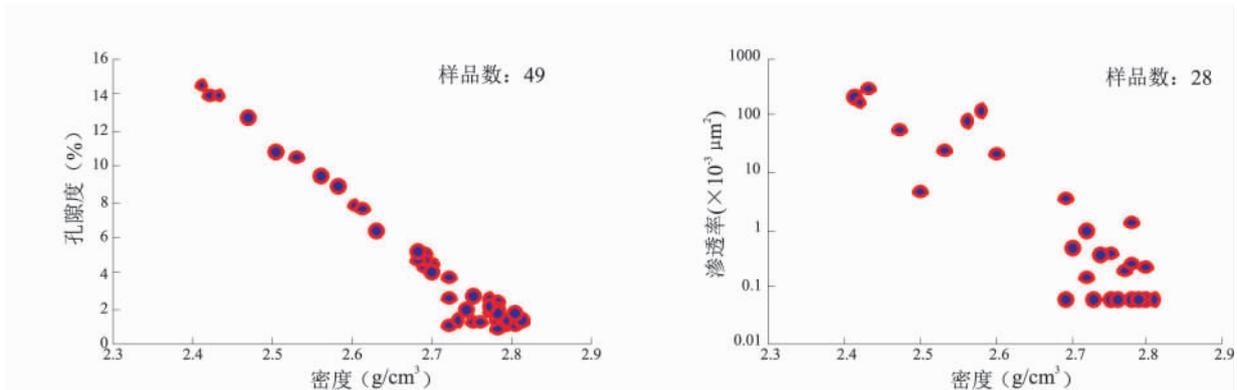


图 11 鄂西渝东地区长兴组礁滩白云岩密度与孔隙度(左)及密度与渗透率(右)关系

Fig.11 Density vs. porosity (left) and density vs. permeability (right) of the bioherm dolostone reservoirs in the Changxing Formation in the western Hubei-eastern Chongqing zone

## 4 结论

通过以上研究可以得出下列结论:

(1) 开江-梁平陆棚向东南延伸至建南地区 ,建南陆棚是一个水体很浅的浅水陆棚。前者为深水陆棚 ,后者为浅水陆棚 ,两者的分界在涪陵地区地震剖面 TB16 与 TB17 之间。

(2) 建南陆棚仅存在于长兴早中期 ,晚期因填

平补齐作用而消失。

(3) 建南陆棚两侧台地边缘发育生物礁 ,南侧生物礁相带分布于建 7 井、建 16 井、箭竹 1 井及天上坪等地区 ,发育有礁滩白云岩优质储层。

(4) 建南陆棚长兴组为碳酸盐缓坡沉积模式 ,陆棚区沉积物厚度大于台地区 ,台地边缘发育有生物礁 ,但规模小。

(5) 建南陆棚边缘长兴组储层为礁滩白云岩 ,

储层物性好,以孔隙型储层为主,裂缝-孔隙复合类型次之。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 王一刚,等. 四川盆地古生界-上元古界天然气成藏条件及勘探技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
- [4] 牟传龙、谭钦银、余谦,等. 元坝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.
- [5] 马永生、蔡勋育、李国雄. 四川盆地普光大型气藏基本特征及成藏富集规律[J]. 地质学报, 2005, 79(6): 858-865.
- [6] 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]. 成都: 四川科学技术出版社, 1990.
- [7] 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.
- [8] 范嘉松、杨万容、闻传芬,等. 四川重庆北碚老龙洞二叠纪生物礁[A]. 中国生物礁与油气[C]. 北京: 海洋出版社, 1996.
- [9] 朱同兴、黄志英、惠兰. 上扬子台地晚二叠世生物礁相地质[M]. 北京: 地质出版社, 1999.
- [10] 范嘉松、吴亚生. 川东二叠纪生物礁再认识[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(1): 12-18.
- [11] 马永生、牟传龙、谭钦银,等. 关于开江-梁平海槽的认识[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(3): 326-331.
- [12] 牟传龙、谭钦银、王立全,等. 四川宣汉盘龙洞晚二叠世生物礁古油藏的发现及其重要意义[J]. 地质论评, 2003, 11(3): 315.
- [13] 牟传龙、马永生、余谦,等. 四川宣汉盘龙洞生物礁古油气藏油源分析[J]. 石油实验地质, 2005, 27(6): 570-574.
- [14] 马永生、牟传龙、谭钦银,等. Permian/Triassic boundary and its correlation in Daxian-Xuanhan area, Northeastern Sichuan Province, China [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 80(1): 137-151.

## The discovery of the Jiannan shelf in the southeastern part of the Kaijiang-Liangping shelf

SHU Zhi-guo

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Jiangnan Oil Field Company, SINOPEC, Wuhan 430223, Hubei, China)

**Abstract:** On the basis of outcrops, cores and seismic data in this study and the previous data, the author in this study proposes a new shelf, i. e., the Jiannan shelf that represents the southeastward extended part of the Kaijiang-Liangping shelf penetrated from the Xuanhan-Daxian-Liangping-Kaijiang zone southeastwards to the Jiannan area during the Changxingian, and may be connected with West Hubei shelf in the east. Compared with the Kaijiang-Liangping shelf, the Jiannan shelf has the following features. (1) The Jiannan shelf is a shallow-water shelf. (2) The Jiannan shelf was initiated during the early-middle Changxingian and terminated due to the filling up during the late stages of the Changxingian. (3) The Jiannan shelf and its adjacent areas exhibit a carbonate ramp model in which the Changxingian bioherms occur as excellent dolostone reservoirs with good physical properties.

**Key words:** Changxingian; Jiannan shallow-water shelf; Kaijiang-Liangping shelf; bioherm; sedimentary model