

# 川东北地区长兴期生物礁结构分类及分布

曾伟<sup>1</sup> 徐建斌<sup>2</sup> 黄继祥<sup>1</sup> 张廷山<sup>1</sup>

1(西南石油学院勘探系 四川南充 637001) 2(四川石油管理局地调处 四川南充 637000)

**摘要** 长兴期生物礁按结构分为成熟生物礁、半成熟生物礁和未成熟生物礁三种类型。成熟生物礁具有规模大、形态复杂、结构完整、造礁生物多、变浅相序等特点,未成熟生物礁具有规模小、形态简单、结构不完整、造礁生物少、变浅再变深相序等特点,半成熟生物礁的特点介于两者之间。成熟生物礁分布于台坪与台凹深水的过渡地带和台地边缘,半成熟生物礁分布于台坪与台凹次深水过渡地带,未成熟生物礁分布于台坪和台凹中。

**关键词** 生物礁 结构 成熟度 分布

**第一作者简介** 曾伟 男 33岁 讲师(硕士) 石油地质 沉积学及储层地质

## 1 地理位置及生物礁的一般特征

### 1.1 地理位置

川东北地区指四川盆地大竹—梁平—万县以北,大巴山以南,渠江以东,云阳以西的部分,面积约 1.5 万 km<sup>2</sup>(图 1)。目前已在该地区发现黄龙、天东、铁山、七里、梁平、云安等地下生物礁和大巴山前缘地面生物礁,钻遇生物礁的井大部分获工业气流,展示了生物礁勘探的良好前景。

控制了生物礁的发育,礁是在生物碎屑滩的基础上,由钙质海绵、水螅等原地造礁生物所建造的具有抗浪特征的隆起构造。本区生物礁为水螅海绵礁,主要造架生物为海绵、水螅和 Tabulozoa,另有少量的苔藓虫、珊瑚和层孔虫。主要粘结生物为蓝绿藻、古石孔藻和管壳石。附礁生物种类繁多,常见的有海百合、腕足、有孔虫、蜓、腹足、瓣鳃和钙藻。

生物礁规模不大,长不超过 5 km,宽小于 2 km,厚 30~130 m,具有较明显的地貌隆起特征,一般礁相剖面比非礁相剖面厚 30~50 m。

## 2 长兴组主要生物—岩石微相

### 2.1 骨架岩微相(A)

造架生物含量高(> 30%),主要为串管海绵、纤维海绵、硬海绵和水螅,另有少量珊瑚、层孔虫和苔藓虫。骨架孔发育,但大多被附礁生物屑、灰泥和栉壳状亮晶方解石胶结物充填。该微相仅见于礁核相中。

### 2.2 粘结岩微相(B)

由蓝绿藻、古石孔藻和管壳石粘结或包覆其他生物(造礁生物及各种附礁生物屑)组成的礁灰岩。骨架孔相对较小,以充填灰泥和生屑为主,亮晶胶结物较少。该微相为礁核的主要岩石微相。

### 2.3 障积岩微相(C)

造礁生物含量低(10%±),主要由原地生长的枝状、丛状串管海绵和纤维海绵障积细小生物屑和灰泥组成。附礁生物较多,灰泥支撑。该微相主要见于未成熟礁体中及成熟礁体或半成熟礁体的下部。

### 2.4 礁角砾岩微相(D)

礁角砾大小不等,无分选,棱角状,角砾成分为礁灰岩或泥晶灰岩,部分角砾被藻粘结,角砾间主要为灰泥充填,亮晶胶结物较少。该微相主要发育于前礁部分。

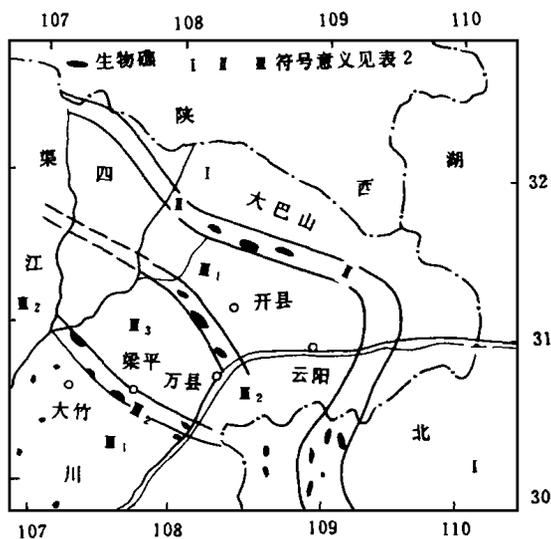


图 1 川东北地区地理位置及长兴期生物礁分布

Fig. 1 Geographic location of Northeast Sichuan and distribution of reefs

### 1.2 生物礁的一般特征

川东北地区长兴期生物礁主要发育于长二段和长三段,部分从长一段顶部开始发育。长兴期总的为一海侵过程,并

2.5 泥粒-颗粒岩微相 (E)

2.5.1 棘屑泥粒-颗粒岩微相 (E<sub>1</sub>)

颗粒以棘屑为主,另有少量的瓣鳃、腹足、腕足等生屑。颗粒支撑,多为灰泥充填,常强烈白云岩化,形成含残余棘屑的糖粒状白云岩,孔隙发育。该微相常见于礁基及礁翼。

2.5.2 杂生物(屑)泥粒-颗粒岩微相 (E<sub>2</sub>)

颗粒为各种生物屑,包括有孔虫、蜓、藻屑、棘屑、腕足、介形虫、瓣鳃和腹足等,且不以哪种生物屑占绝对优势。颗粒支撑,灰泥充填为主,局部亮晶胶结。该微相主要见于礁基及礁翼。

2.5.3 礁屑泥粒-颗粒岩微相 (E<sub>3</sub>)

该微相含大量的造礁生物碎屑,另有棘屑、腕足、腹足和瓣鳃等。颗粒支撑,灰泥充填,常强烈白云岩化,孔隙发育。分布于成熟礁体或半成熟礁体的礁盖部分。

2.6 粒泥岩微相 (F)

2.6.1 杂生物(屑)粒泥岩微相 (F<sub>1</sub>)

生屑颗粒含量较少 (< 50%),主要为蜓、有孔虫、介形虫、棘屑等,另有少量的腕足、瓣鳃和腹足。灰泥支撑,主要分布于台坪静水环境中或礁滩间。

2.6.2 浮游生物粒泥岩微相 (F<sub>2</sub>)

颗粒以浮游生物为主,主要为海绵骨针和放射虫,另有少量的钙球和介形虫。除浮游生物外,还有少量的有孔虫、蜓、棘屑等。该微相主要分布于台凹或槽盆深水环境。

2.7 灰泥岩微相 (G)

2.7.1 (含生屑)灰泥岩微相 (G<sub>1</sub>)

主要为含泥质的泥晶灰岩,有时含燧石结核和少量的生物碎屑。主要分布于台坪静水环境和潮坪环境,在台凹次深水环境中也常见。

2.7.2 含浮游生物灰泥岩微相 (G<sub>2</sub>)

主要为含放射虫、海绵骨针的泥晶灰岩。分布于槽盆及台凹深水环境中。

2.7.3 泥粉晶白云岩微相 (G<sub>3</sub>)

白云石晶体细小,泥-粉晶,它形为主,晶间孔不发育,有时含少量生物碎屑,且以瓣鳃和腹足为主,白云岩中常见石膏假晶、鸟眼、干裂及泥藻纹层,为潮坪环境产物。

3 生物礁的结构特征

生物礁在横向上可分为前礁、礁核和后礁三个部分(图 2)。前礁为生物礁靠近台凹深水或次深水部分,这里水体相对较深,坡度较陡,主要岩石微相类型为礁角砾岩微相、棘屑泥粒-颗粒岩微相、杂生物(屑)泥粒-颗粒岩微相;后礁为生物礁靠近台坪一侧的部分,相对于前礁坡度变缓,水体较浅,岩石微相为杂生物(屑)泥粒-颗粒岩微相和棘屑泥粒-颗粒岩微相;礁核在纵向上又可分为礁基、礁核和礁盖三个部分,礁基是生物礁发育的基底,为生物碎屑滩沉积物,岩石微相为棘屑泥粒-颗粒岩微相和杂生物(屑)泥粒-颗粒岩微相,礁核中可有少量造礁生物发育;礁核为生物礁发育的

全盛时期,岩石微相包括障积岩、粘结岩和骨架岩微相;礁盖为生物礁的消亡时期,也主要为生物碎屑滩沉积,岩石微相以礁屑泥粒-颗粒岩微相为主。本区生物礁礁核所占比例小,整个礁组合中,礁基、礁翼和礁盖生物碎屑砂占大部分。

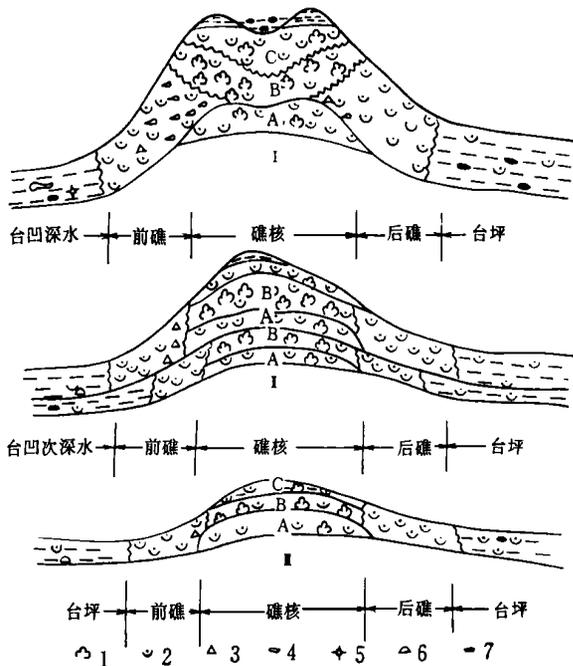


图 2 生物礁结构分类

I .成熟礁;II .半成熟礁;III.未成熟礁;A.礁基;B.礁核;C.礁盖;1.造礁生物;2.生屑;3.礁角砾;4.海绵骨针;5.放射虫;6.介形虫;7.燧石结核

Fig. 2 Structure classification of reefs

4 生物礁的结构分类

参照张明书等<sup>[1]</sup>现代生物礁结构成熟度划分标准,结合二叠纪生物礁的具体实际,以生物礁发育的规模、形态、结构、相序、造礁生物种类及数量等为参数,将本地区生物礁划分为结构不同的三种类型,即成熟生物礁、半成熟生物礁和未成熟生物礁(图 2)。

4.1 成熟生物礁(图 2I)

成熟生物礁以天东生物礁为代表,类似的还有黄龙生物礁、大巴山前缘生物礁。成熟生物礁具有如下特点:①发育时间长且连续,从长二段开始,一直持续到长三段末;②厚度大,一般在 100 m 以上;③礁体形态复杂,礁核在三度空间上呈一种盘形,盘子中央堆积生物碎屑砂(礁盖),这种礁体生长速度大于海平面上升速度,生物礁的纵向发育受到限制,只能横向发展,表现出一种分枝状;④剖面结构完整,发育完整的礁基、礁核及礁盖。礁核部分相对较厚,以骨架岩为主;⑤造礁生物种类繁多,不仅有各种海绵和水螅,还有少量的珊瑚、苔藓虫和层孔虫;⑥由于面临台凹深水,坡度大,前礁角砾岩发育;⑦生物礁具有向上变浅的相序特征(图 3),由于生物礁生长速度大于海平面上升速度,使其逐渐暴露海

面,走向衰亡,代之以潮间生物屑滩沉积(礁盖),礁盖之上为潮坪环境的泥晶灰岩沉积,具明显的暴露特征,生物礁属干死型,礁盖及以上的潮坪沉积受蒸发作用影响,常白云岩化。

4.2 半成熟生物礁(图 2 II)

半成熟生物礁以铁山生物礁为代表,类似的还有梁平生物礁。它具有如下特点:①发育时间长,但有间断,从长一段晚期开始断续发育到长三段早期;②厚度较大,主礁体厚度在 100 m 左右;③礁体形态较简单,略成柱形,礁生长速度略大于海平面上升速度,礁体发育以纵向为主;④剖面结构完整,礁基、礁核及礁盖发育完全,但礁盖部分较薄,礁核以粘结岩为主;⑤造礁生物种类较多,主要为海绵和水螅;⑥由于面临台凹次深水,前礁角砾不如成熟礁发育;⑦礁总体上也具向上变浅的相序特征(图 4),礁盖及潮坪白云岩较发育,属干死型礁。

4.3 未成熟生物礁(图 2 III)

未成熟生物礁以七里生物礁为代表,类似的还有云安生物礁。未成熟礁生物礁具有如下特点:①发育时间短,七里生物礁仅发育于长一段顶部和长二段底部,云安生物礁仅发育

于长三段下部;②厚度小,一般在 30 m 左右,主要发育滩相沉积;③礁体形态简单,呈扁平透镜状;④礁剖面结构不完整,礁盖厚度很薄,有时很难区分礁盖和其上的台坪静水沉积物,礁盖不是潮间生物碎屑滩,而是深水棘屑滩或杂生物屑滩,礁核主要为障积岩;⑤造礁生物种类少,数量也少,主要为海绵,含量仅 10% 左右;⑥由于礁体隆起幅度小,前礁角砾岩不发育,难于划分前礁和后礁;⑦生物礁总体上具向上变浅再变深的相序特征(图 5),属淹死型生物礁,礁顶部无与蒸发作用有关的白云岩。

成熟度不同的生物礁特征对比见表 1

5 长兴期沉积相划分及特征

长兴期川东北地区为一碳酸盐台地环境,其沉积相划分见表 2,沉积模式见图 6

5.1 槽盆相

槽盆相位于大巴山以北地区,地层显著变薄,小于 100 m。主要由深灰—灰黑硅质粒泥岩—灰泥岩、硅质岩、页岩夹薄层火山凝灰岩组成,生物以放射虫、骨针、菊石、牙形

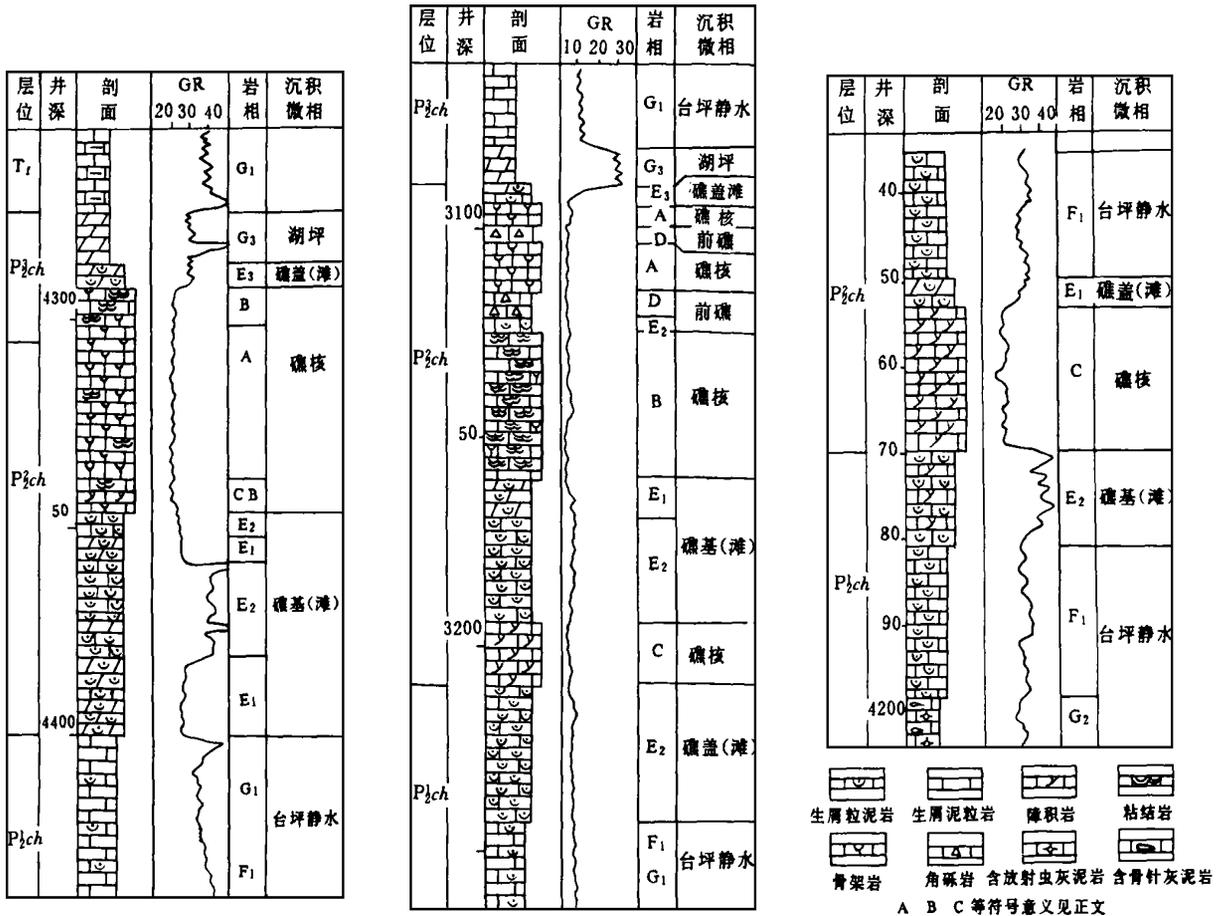


图 3 天东 53 井成熟生物礁柱状剖面 Fig. 3 Column of mature reef in Tiandong 53 well  
 图 4 铁 5 井半成熟生物礁柱状剖面 Fig. 4 Column of semimature reef in Tie 5 well  
 图 5 七里 43 井未成熟生物礁柱状剖面 Fig. 5 Column of immature reef in Qili 43 well

刺、薄壳腕足等生物化石组合为主, 沉积构造以水平纹层和韵律层为主。据其岩相、生物相特征, 水深在缺氧界面以下、

碳酸盐溶解面附近。推测水深在 100~ 150 m 以下。有关与槽盆相连的斜坡, 目前对该相的特点还不清楚。

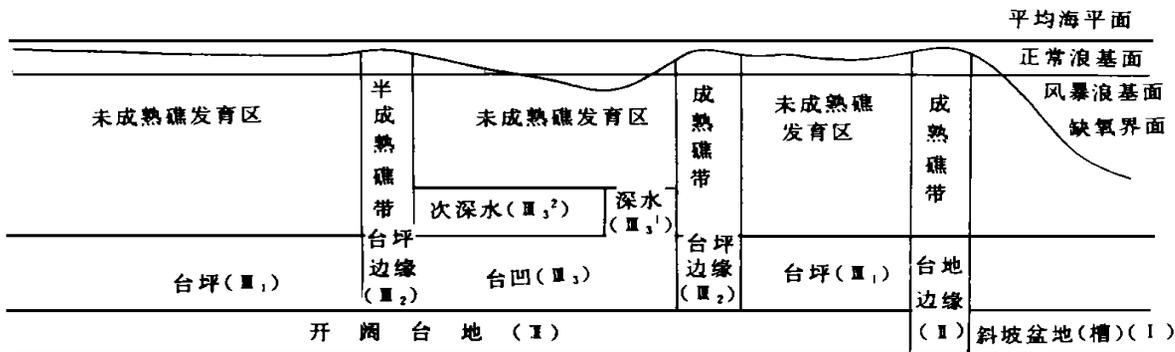


图 6 川东北地区长兴期沉积模式

Fig. 6 Sedimentary model for Changxing group in Northeast Schuan

表 1 不同成熟度的生物礁特征对比

Table 1 Characteristic correlation of reefs with different maturity

礁结构类型	成熟礁	半成熟礁	未成熟礁
发育层段	P <sup>2</sup> ch~ P <sup>3</sup> ch	P <sup>2</sup> ch 晚期 ~ P <sup>3</sup> ch 早期	P <sup>2</sup> ch 晚期, P <sup>2</sup> ch 早期及 P <sup>2</sup> ch
厚度	大于 100 m	100 m 左右	30 m 左右
形态	分枝状	柱状	扁平透镜状
剖面结构	完整	较完整	不完整
礁核主要岩相	骨架岩	粘结岩	障积岩
造礁生物	量多、类多	量多、类多	量少、类少
相序特征	向上变浅	向上变浅	向上变浅再变深
发育相带	台坪边缘靠台凹深水	台坪边缘靠台凹次深水	台凹、台坪

表 2 川东北地区长兴组沉积相划分

Table 2 Division of sedimentary facies of Changxing group in Northeast Sichuan

相	亚相	微相
槽盆 (I)		
台地边缘 (II)	边缘礁 (II <sub>1</sub> ), 边缘滩 (II <sub>2</sub> ), 礁滩间 (II <sub>3</sub> )	
开阔台地 (III)	台坪 (III <sub>1</sub> )	静水 (III <sub>1</sub> ), 点滩 (III <sub>1</sub> <sup>1</sup> ), 潮坪 (III <sub>1</sub> <sup>2</sup> )
	台坪边缘 (III <sub>2</sub> )	礁 (III <sub>2</sub> <sup>1</sup> ), 滩 (III <sub>2</sub> <sup>2</sup> ), 礁滩间 (III <sub>2</sub> <sup>3</sup> )
	台凹 (III <sub>3</sub> )	台凹深水 (III <sub>3</sub> <sup>1</sup> ), 台凹次深水 (III <sub>3</sub> <sup>2</sup> ), 礁滩 (III <sub>3</sub> <sup>3</sup> )

5.2 台地边缘相

发育于开阔台地与斜坡—槽盆之间, 为台地边缘高能

带, 生物礁及滩发育。

5.3 开阔台地相

Read<sup>[2]</sup>把碳酸盐开阔台地描述为地形平坦、变化不大、水浅、水的循环良好、能量中等, 但川东北地区碳酸盐开阔台地内部有比较大的起伏和相带差异。发育明显的三个亚相带: 即相对平坦水浅的台坪亚相, 相对低凹水深的台凹亚相, 二者之间的台坪边缘相。

台坪宽阔、平坦、水浅, 水的循环和能量既受到台地边缘和台坪边缘的限制, 也受海面升降、风浪大小的控制, 所以岩相主要为含各种浅水底栖生物的泥粒岩与粒泥岩的旋回韵律沉积。生物以浅水底栖为主, 藻、有孔虫最为常见, 也见少量浮游生物, 如海绵骨针、钙球、介形虫等。

台凹相对较窄, 水深在正常浪基面之下, 估计水深几十~ 一百米左右。属于一种受保护、限制的静滞水环境。岩相为黑灰、深灰色骨针粒泥岩、灰泥岩夹薄层黑色页岩, 灰岩自然伽玛值普遍高于台坪沉积, 说明含泥较重, 化学分析酸不溶物含量一般 10%~ 20%, 而台坪区一般小于 5%。生物以浮游生物为主。台凹具不对称性, 分成台凹深水和次深水微环境。深水微环境以浮游生物粒泥岩或灰泥岩为主, 次深水微环境以含浮游生物和少量底栖生物的粒泥岩为主。

台坪边缘是台地内的高能相带, 两侧分别是台坪和台凹, 是生物礁或滩发育的有利相带。

6 生物礁的分布

成熟生物礁分布于台地边缘和台坪边缘靠台凹深水部位, 半成熟生物礁分布于台坪边缘靠台凹次深水部位, 未成熟生物礁分布于台坪和台凹中 (图 6)。水体能量控制了成熟度不同的生物礁的发育和分布, 台地边缘和台坪边缘由于地貌隆起高, 水体能量强, 生物礁发育具成熟度高、规模大、成带分布等特点, 其延伸长度可达 2~ 5 km, 宽 1~ 2 km, 厚 100 m 以上; 台坪和台凹由于地貌隆起低, 水体能量弱, 生物

礁发育具成熟度低、规模小、分布随机等特点,生物礁长 1~2 km,宽几百米~1 km,厚 30~50 m。川东北地区具三个生物礁发育带(图 1),第一带为大巴山前缘生物礁带,分部于台地边缘,从开县红花、满月向东经巫溪、奉节与鄂西的台地边缘礁相连,向北西经渡口可延伸到陕西筒池一带,延伸长约 160 km;第二带为开县以西的黄龙—天东生物礁带,分布于台坪边缘靠台凹深水部位,该带向南东延伸到万县南门口附近,向北西如台凹存在,可继续延伸,估计长度在 70 km 以上;第三带为铁山—梁平生物礁带,分布于台坪边缘靠台凹次深水部位,向北西本带可能受华莹山断裂阻隔,向东南可延伸到池 24 井、石宝寨 1 井附近,长度在 100 km 以上。

## 7 川东北地区生物礁气藏的勘探建议

长兴期生物礁的良好储集条件(礁基、礁盖和礁翼具大量白云岩分布)、下伏龙潭组—吴家坪组烃源层的有利生油条件和上覆飞仙关组泥晶灰岩的良好盖层条件,说明长兴组气藏具良好的生储盖组合,独立于构造圈闭而存在。鄂西、川东和川东北地区部分生物礁气藏的发现和开发实践,证明生物礁气藏是一个值得勘探的重要领域。但目前大部分生物礁气藏都是兼探和追认的,生物礁专层勘探成功率很低,说明

生物礁气藏勘探难度很大。为有的放矢,对川东北地区生物礁气藏勘探特提出如下建议:

(1)台坪、台凹内生物礁由于成熟度低、规模小、分布具随机性,勘探难度大,宜以兼探为主。

(2)大巴山前缘台地边缘生物礁带,由于已出露地表,已无勘探意义可言。

(3)腹地两个台坪边缘生物礁带,由于生物礁成熟度高、规模大、分布具成带性,应是生物礁气藏勘探的主要地区。目前这两个带上仅部分生物礁气藏被发现,发现的生物礁气藏都位于构造高点上。按气藏特征,在这两个带上的其它部位,应该还有潜伏生物礁气藏存在。应加强这两个带上生物礁的识别研究和方法试验,可望在川东北地区生物礁气藏勘探上取得重大突破。

### 参 考 文 献

- 1 张明书. 西沙生物礁碳酸盐岩沉积地质学研究. 北京: 科学出版社, 1989. 9~12
- 2 Read, J R. Carbonate platform facies models. AAPG Bulletin, 1985, 69(1): 1~21.

## Structure Classification and Distribution of Reefs of Changxing Group in Northeast Sichuan

Zeng Wei<sup>1</sup> Xu Jianbin<sup>2</sup> Huang Jixiang<sup>1</sup> Zhang Tingshan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(Southwest Petroleum Institute, Nanchong Sichuan 637001)

<sup>2</sup>(Geological Survey of Sichuan Petroleum Administration Bureau, Nanchong Sichuan 637000)

### Abstract

According to structure features, the Changxing reefs are classified as mature, semimature and immature reefs. The mature reefs have the characteristics of large scale, complex shape, complete structure, lots of hermatypic organisms and shallowing sedimentary sequence. The immature reefs have the characteristics of small scale, simple shape, incomplete structure, a few hermatypic organisms and deepening sedimentary sequence. The semimature reefs' characteristics are between the mature reefs and the immature reefs. The mature reefs are distributed over platform edge and transition of platform-flat and platform-mulde deep water. The semimature reefs are distributed over transition of platform-flat and platform-mulde semideep water. The immature reefs are distributed over platform-flat and platform-mulde.

**Key words** reef structure maturity distribution