文章编号:1009-3850(2013)02-0010-07

川东南志留系石牛栏组生物礁沉积特征

王瑞华¹,谭钦银¹,付建元²,程锦翔¹

王正和¹,何 利¹,杨桂花¹,杨贵来¹

(1. 成都地质矿产研究所,四川 成都 610081;2. 川庆钻探工程有限公司地球物理勘探公司,

四川 成都 610213)

摘要:本文通过露头、钻井及地震剖面等,对川东南志留系石牛栏组沉积相进行了详细解剖。石牛栏组生物礁在地 震剖面上呈丘状体,杂乱反射特征明显。石牛栏组两期礁滩旋回在平面上的展布特征为:早期台地边缘礁滩相以沉 积生屑滩为主,有少量点礁分布其中;晚期台地边缘礁滩相以沉积大量点礁为主。川东南石牛栏组生物礁的沉积模 式为碳酸盐岩缓坡模式,生物礁为发育在碳酸盐岩缓坡上的点礁群。

关键 词:川东南;石牛栏组;生物礁;沉积模式;点礁群

中图分类号:P512.2 文献标识码:A

研究区位于扬子板块中南部、川中古陆东南、 黔中隆起以北(图1)。前人对该区石牛栏组的平面 分布、储层及成岩作用方面开展过工作。曾学思 (1986)、边立曾(1992)等人在涉及东秦岭南部、川 黔、川东、川东南、滇东北地区志留系地层的研究报 告中曾经指出 早志留世晚期上扬子区出现了有利 于造礁生物生长的古环境,并在不同区域内发育了 生物礁(丘)。万云(1995)等^[1]提出研究区含礁层 位主要是石牛栏组 发育的"礁类型"有点礁或生物 丘、藻丘及生物层,其成礁性往东南方向逐渐变好, 尤其是在靠近黔中隆起的地方,生物礁的发育情况 更好,但在东北方向礁不太发育,出现各种碎屑岩 类。张廷山(1996,1999)等^[2,3]提出在扬子板块内 部受古隆起影响的地区(川西北、川东南、黔北),志 留纪时期为缓坡沉积环境,在浅缓坡区生物礁十分 发育 类型众多。李双建(2009)等^[4]对川东南习水 吼滩古油藏进行了研究,储层主要分布在石牛栏组 生屑滩中。张廷山(1999)等^[5]对四川盆地南北缘 志留纪生物礁成岩作用及储层特征进行过研究。

针对川东南志留系石牛栏组生物礁的纵、横向 分布及沉积模式等,前人未进行过详细的论述和研 究。本文试图通过野外露头、钻井及地震等资料对 该区石牛栏组生物礁的纵、横向分布及沉积模式进 行系统论述。

1 生物礁纵向分布特征

川东南石牛栏组纵向上发育两期成滩、成礁旋 回,分别对应于一段和二段。早期主要为成滩旋 回,以发育生屑滩为主,纵向上位于石牛栏组一段 中部,以生屑滩为主,研究区代表剖面有铁索桥、二 郎等剖面。局部地区为成礁旋回,纵向上位于石牛 栏组一段顶部,以生物礁为主,研究区代表剖面为 羊久剖面及盐井剖面。晚期主要为成礁旋回,纵向 上位于石牛栏组二段下部,以发育生物礁为主,在 全区均有分布。

早期成滩旋回位于一段中部,属于中缓坡,以 发育生屑滩为主,上部岩性为灰色中厚层亮晶含砂 屑生屑灰岩,下部岩性为灰色中厚层亮晶中细粒砂

收稿日期: 2013-01-30; 改回日期: 2013-02-15

作者简介: 王瑞华(1976 -) 友 硕士 , 工程师 从事储层沉积学研究。 E-mail: ruihua. w@ 163. com



图 1 研究区位置 Fig. 1 Location of the study area

 1.1 典型剖面─铁索桥剖面 铁索桥剖面石牛栏组分为一、二两段,一段发 育成滩旋回,二段发育成礁旋回(图2)。



图 2 铁索桥石牛栏组剖面结构柱状图 1.颗粒滩;2.生物礁;3.局限台地;4.斜坡

Fig. 2 Vertical section through the Shiniulan Formation in the Tiesuoqiao section

1 = grainy bank; 2 = organic reef; 3 = restricted platform; 4 = slope



图 3 铁索桥剖面造礁生物蜂巢珊瑚

Fig. 3 Favosites as reef-building organism in the Tiesuoqiao section

屑灰岩,厚度约23m。该中缓坡之上为内缓坡,以泥 晶灰岩与灰质白云岩或泥晶灰岩与泥质灰岩组成 的若干个泻湖-潮坪亚相为主。之下为外缓坡,以深 灰-灰色厚层块状瘤状灰岩为主。纵向上,该旋回由 下至上为外缓坡、中缓坡到内缓坡,呈一水体变浅 的沉积序列。

晚期成礁旋回位于二段下部,属于内缓坡,以 发育生物礁为主,中上部岩性为灰色块状珊瑚障积 礁灰岩,造礁生物以珊瑚(图3)为主,海绵及苔藓虫 次之,为礁核;底部为灰色厚层亮晶生屑灰岩,为礁 基,厚度约17m,为点礁。

1.2 典型剖面一羊久剖面

羊久剖面石牛栏组分为一、二两段,一段及二 段都发育成礁旋回(图4)。

早期成礁旋回位于一段顶部,属于中缓坡,以 发育生物礁为主,上部岩性为灰色块状珊瑚障积礁 灰岩,造礁生物主要为珊瑚,次为苔藓虫及层孔虫 等,为礁核;下部岩性为灰色中层状亮晶生屑灰岩, 为礁基,厚度约15m,为点礁。该中缓坡之下为外缓 坡,上部岩性为灰色厚层-块状角砾灰岩及灰色厚层 含生屑瘤状灰岩夹亮晶生屑灰岩条带,下部岩性为 深灰色中厚层-块状瘤状灰岩。

晚期成礁旋回位于二段中下部,属于中缓坡, 以发育生物礁为主,上部岩性为灰色厚层块状珊瑚 障积礁灰岩,造礁生物有块状珊瑚、链珊瑚(图5A) 及苔藓虫(图5B)等,为礁核;下部岩性为灰色块状 核形石灰岩与亮晶生屑灰岩互层及亮晶砂屑灰岩, 为礁基;厚度约26m,为点礁。



图 4 羊久石牛栏组剖面结构柱状图

1. 颗粒滩; 2. 生物礁; 3. 局限台地; 4. 斜坡; 5. 浅水陆棚

Fig. 4 Vertical section through the Shiniulan Formation in the Yangjiu section

1 = grainy bank; 2 = organic reef; 3 = restricted platform; 4 = slope; 5 = continental shelf

2 生物礁横向对比

2.1 露头剖面生物礁横向特征

通过对铁索桥、二郎、羊久及盐井等露头剖面 进行沉积相横向对比(图6),可以看出:

石牛栏组一段下部主要为外缓坡,岩性以深灰 色瘤状灰岩为主,显示斜坡坡度较缓。

石牛栏组一段中上部以发育中缓坡为主,部分 地区发育生屑滩,部分发育生物礁。生屑滩大多位 于一段中部,岩性以亮晶生屑灰岩为主;其上发育 内缓坡,岩性为泥晶灰岩与泥晶白云岩或泥晶灰岩 与泥质灰岩互层。生物礁大多位于一段顶部,岩性 主要为亮晶生屑灰岩及珊瑚障积礁灰岩,前者为礁 基,后者为礁核,整体厚度小,约10m,为点礁;其下 发育外缓坡,岩性以深灰色瘤状灰岩为主,显示斜 坡坡度较缓。

石牛栏组二段发育大量点礁,位于台地边缘礁 滩相带。生物礁岩性由深灰色厚块状珊瑚障积礁 灰岩及亮晶生屑灰岩组成,前者构成礁核,后者构





(B) 苔藓虫

图 5 羊久剖面造礁生物

Fig. 5 *Halysites* (A) and bryozoans (B) as reef-building organisms in the Yangjiu section





1 = organic bank; 2 = organic reef; 3 = uplift; 4 = inner ramp; 5 = outer ramp



图7 过×井北东向地震剖面

1. 潮坪-泻湖;2. 礁滩;3. 斜坡;4. 陆棚;5. 礁间;6. 生屑灰岩;7. 生屑白云岩

Fig. 7 NE-trending seismic profile through one well

1 = tidal flat-lagoon; 2 = reef bank; 3 = slope; 4 = continental shelf; 5 = inter-reef; 6 = bioclastic limestone; 7 = bioclastic dolostone



图 8 过 × 线南北向地震剖面 1. 礁间;2. 礁滩;3. 斜坡;4. 陆彬;5. 生屑灰岩;6. 生屑白云岩

Fig. 8 NS-trending seismic profile through one well

1 = inter-reef; 2 = reef bank; 3 = slope; 4 = continental shelf; 5 = bioclastic limestone; 6 = bioclastic dolostone

成礁基 整体厚度小,约10~20m,为点礁。生物礁 上部岩性多为泥晶生屑灰岩、泥质灰岩及瘤状灰 岩等。

2.2 生物礁地震剖面特征

通过一条近东西向(图7)及一条近南北向(图 8)地震剖面解译,可以看出生物礁主要发育在二 段,一段仅在顶部有发育。整体为点礁,规模小,少

3 生物礁平面分布特征

川东南地区石牛栏早期及晚期沉积相带基本 一致,主要呈南北向展布,最南边为黔中古陆,向北 依次发育内缓坡、中缓坡及外缓坡。



图 9 石牛栏组两期成滩成礁旋回生物礁平面分布(A. 早期; B. 晚期)

1. 生屑滩及滩间;2. 生物礁及礁间;3. 内缓坡;4. 外缓坡;5. 隆起;6. 收集资料点;7. 实测剖面点;8. 观测剖面点;9. 钻井;10. 地震测线

Fig. 9 Organic reef distribution in the bank-and/or reef-building cycles in the Shiniulan Formation

1 = organic bank and inter-bank; 2 = organic reef and inter-reef; 3 = inner ramp; 4 = outer ramp; 5 = uplift; 6 = data site; 7 = measured section; 8 = observed section; 9 = borehole; 10 = seismic profile

中缓坡主要分布于威信县、叙永县、古蔺县、桐 梓县等地。早期中缓坡主要发育生屑滩及滩间亚 相(图9A),岩性以亮晶生屑灰岩及含生屑泥晶灰 岩为主。局部地区发育生物礁亚相,如盐井、羊久、 渔化等少数地区,岩性主要为珊瑚障积礁灰岩。晚 期中缓坡主要由生物礁及礁间亚相组成,岩性以珊 瑚障积礁灰岩及含生屑泥晶灰岩为主。礁体最厚 约30m,为圆丘状点礁(图9B)。

4 碳酸盐缓坡沉积模式

研究区石牛栏组为一向北倾斜的碳酸盐缓坡 沉积模式(图10),自南向北发育内缓坡、中缓坡及 外缓坡相。

内缓坡,由泻湖及潮坪亚相组成。泻湖亚相岩

性以泥晶灰岩夹泥晶白云质灰岩为主,潮坪亚相岩 性以泥晶白云质灰岩夹泥晶白云岩为主,岩石致 密,不具备储集能力。

向北沿局限台地边缘高地貌区发育中缓坡,由 生物礁及礁间亚相组成(图11)。生物礁为圆丘状 点礁,规模小,厚度薄,在缓坡边缘成群出现,相互 间孤立产出,形成碳酸盐岩台地边缘礁滩相带上的 点礁群,岩性为珊瑚障积礁灰岩,具有一定储集能 力;礁间为生物礁与生物礁之间的部分,岩性以含 生屑泥晶灰岩为主。

中缓坡以北为外缓坡,岩性以瘤状灰岩及薄层 泥质灰岩夹瘤状灰岩为主。地震剖面上,该斜坡没 有明显的坡折带,坡度小,分布范围宽,发育丰富的 前积构造。



图 10 石牛栏组碳酸盐缓坡沉积模式图 1. 内缓坡;2. 生物礁;3. 外缓坡





图 11 石牛栏组碳酸盐缓坡沉积模式立体图 1.隆起;2.内缓坡;3.生物礁;4.礁间;5.外缓波

Fig. 11 Stereogram of the carbonate ramp model for the Shiniulan Formation

1 = uplift; 2 = inner ramp; 3 = organic reef; 4 = inter-reef; 5 = outer ramp

5 结论

综上所述 川东南石牛栏组生物礁具有如下特

征:(1)纵向上发育两期成滩成礁旋回,早期以成滩 旋回为主,成礁旋回次之,晚期为成礁旋回,全区可 以对比;(2)生物礁规模都比较小,一般10m左右, 最大30m,为发育在碳酸盐缓坡上的点礁群;(3)生 物礁顶部都不发育浅滩相生屑白云岩,仅在第一旋 回生屑滩上部的内缓坡中发育少量潮坪亚相泥晶 白云岩,局部在地腹区靠近广海斜坡边缘可能发育 浅滩相生屑白云岩;(4)生屑滩、生物礁下部斜坡相 没有明显的坡折带,坡度小,分布范围宽,岩性全部 为瘤状灰岩,显示斜坡坡度很缓,为碳酸盐缓坡。

参考文献:

- [1] 万云 涨廷山, 兰光志, 等. 川南黔北志留纪生物礁与古环境演 化[J]. 重庆石油高等专科学校学报, 1995, 1(1):2-7.
- [2] 张廷山 陈晓慧 边立曾 等.大地构造对上扬子区志留纪生物 礁分布及发育的控制[J].沉积学报,1996,14(4):84-93.
- [3] 张廷山,兰光志, Steve Kershaw, 等. 构造及海面波动对四川盆

地志留纪生物礁的控制[J].石油学报,1999,20(3):19-25.

- [4] 李双建 周雁,肖开华,等.四川盆地东南缘习水吼滩志留系古 油藏特征[J].石油学报 2009,30(6):849-855.
- [5] 张廷山,兰光志 Steve Kershaw 等. 四川盆地南北缘志留纪生物礁成岩作用及储层特征[J]. 沉积学报,1999,17(3):374

- 382.

- [6] 刘宝珺,曾允孚. 岩相古地理基础和工作方法[M]. 北京:地 质出版社,1985.
- [7] 贵州省地质矿产局.贵州省区域地质志[M].北京:地质出版 社,1987.

Sedimentary characteristics of the Silurian organic reefs from the Shiniulan Formation in southeastern Sichuan

WANG Rui-hua¹, TAN Qin-yin¹, FU Jian-yuan², CHENG Jin-xiang¹, WANG Zheng-he¹, HE Li,¹ YANG Gui-hua¹, YANG Gui-lai¹

(1. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China; 2. Geophysical Exploration Branch, Chuanqing Drilling Engineering Co., Ltd., Chengdu 610213, Sichuan, China)

Abstract: In the light of outcrops , well logs and seismic profiles , the present paper gives a detailed exploration of the sedimentary facies in the Silurian Shiniulan Formation in southeastern Sichuan. The Silurian organic reefs in the Shiniulan Formation occur as knoll reefs and display chaotic reflection within the seismic profiles. In a planar view , the early platform-margin reef facies is dominantly made up of organic bank with a small amount of patch reefs. Till the late stage , abundant patch reefs occupy this facies. A carbonate ramp model for the organic reefs in the Shiniulan Formation shows that the organic reefs mostly appear as patch reef clusters on the carbonate ramps. **Key words**: southeastern Sichuan; Shiniulan Formation; organic reef; sedimentary model; patch reef cluster